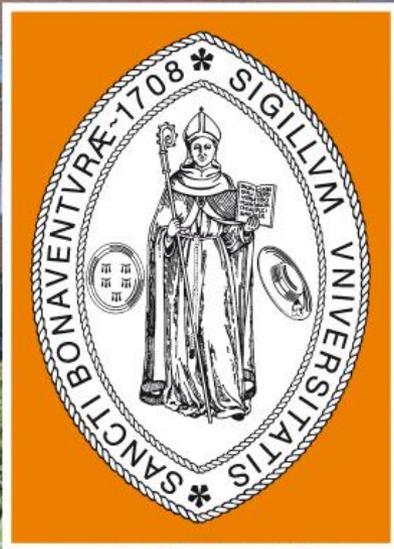
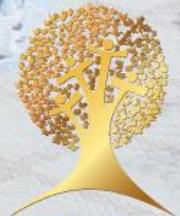


EDIFICIO DE OCKHAM



UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA

EDIFICIO FRAY PEDRO SIMÓN



Acreditación Institucional
DE ALTA CALIDAD
VALIDA POR CUATRO AÑOS
RESOLUCIÓN 10700 DEL 25 DE MAYO DE 2017



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Diseño y Caracterización de un Dispositivo de Adquisición de Datos de Vuelo para el Cohete USB – Rocket I

Germán Reyes, Luis Hernández, J. Alejandro Urrego P., Ph.D. c, Luisa F. Mónico M., Ph.D.
Facultad de Ingeniería, Ingeniería Aeronáutica, Universidad de San Buenaventura – Bogotá D.C.





UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Contenido

- Revisión de trabajos previos.
- Caracterización del cohete USB – Rocket I y simulación de un vuelo normal.
- Diseño y construcción del circuito de adquisición de datos.
- Desarrollo de servidor para verificación de parámetros en fase pre – vuelo.
- Pruebas de funcionamiento del prototipo.



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

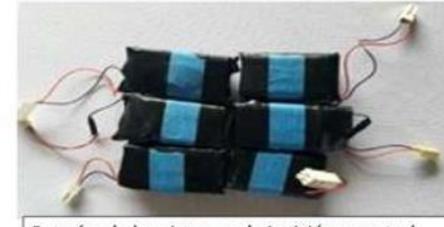
Revisión de trabajos previos



Urrego Peña, 2009



Tarjeta ARDUINO con conexiones.



Baterías de los sistemas de ignición y control.



Tarjeta de ignición de sistema de recuperación.



Tarjeta de ignición de motores.

Ibáñez, et al., 2016



Velásquez Saavedra, 2013

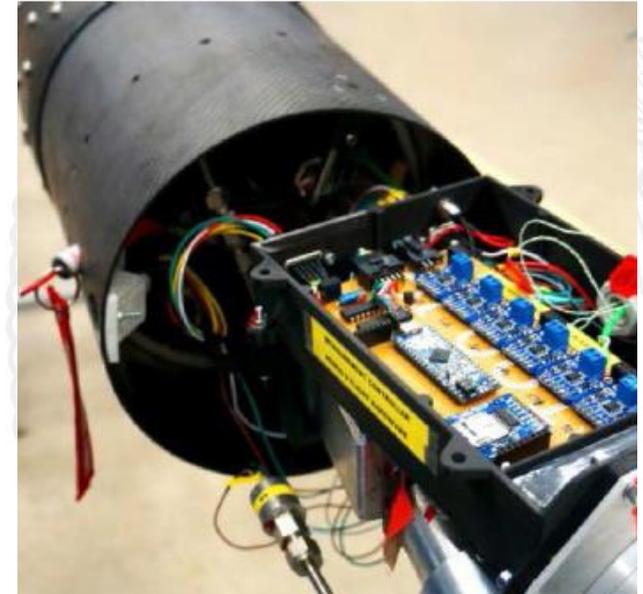


UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Revisión de trabajos previos



Gülhan, et al., 2017



Kobald, et al., 2017



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Cohete USB – Rocket I



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Cohete USB – Rocket I



Fuente: Autores



Caracterización

Longitud	1.14 m.
Diámetro de Fuselaje	0.079 m
Masa	2.5 kg
Elementos de estabilización pasiva	3
Semi-envergadura de aletas	0.09 m
Fuselaje reforzado con fibra de vidrio	
Mamparos de bahía de carga en ABS	
Motor AeroTech® J270W	



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Sistema de Telemetría Multitronix®



Fuente: Autores



Simulación en RockSim®

Condiciones iniciales



Fuente: Autores – Imagen tomada de RockSim®



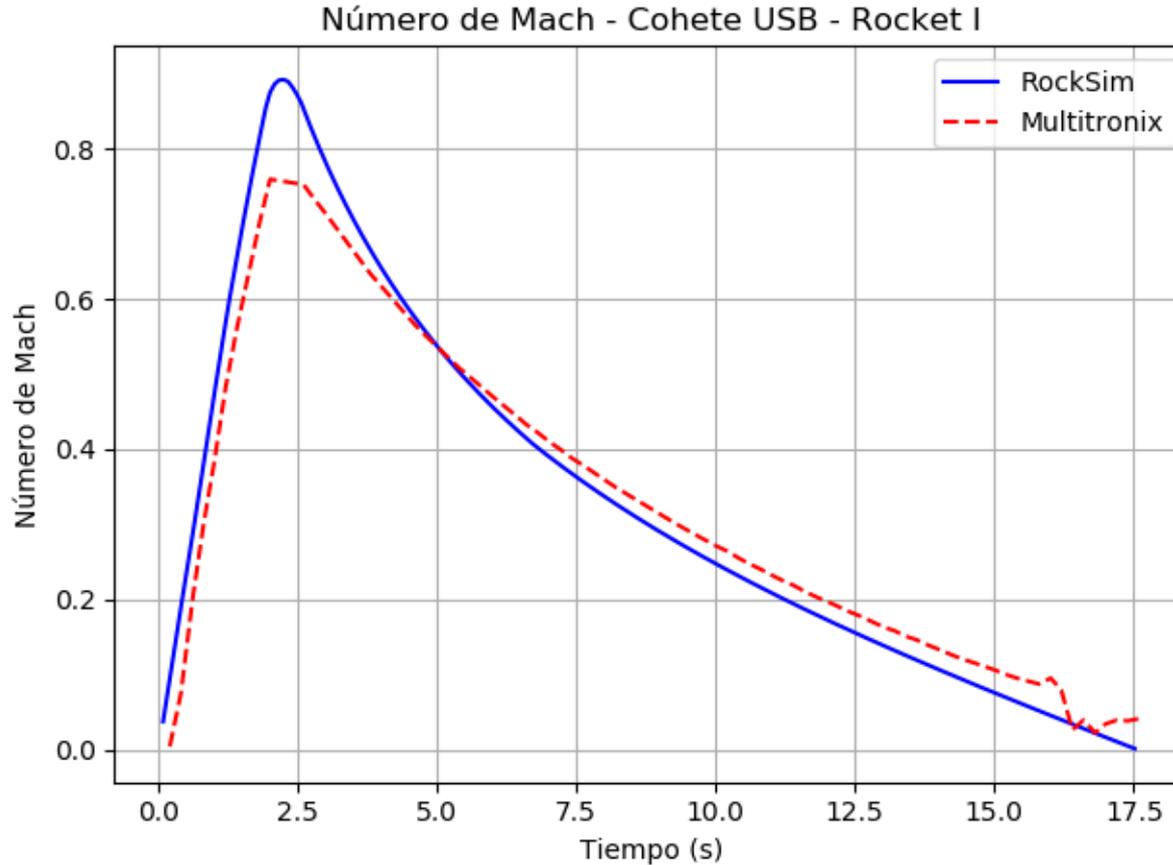
Simulación en RockSim®

Condiciones iniciales

Altitud de lanzamiento	Nivel del mar
Humedad relativa	50 %
Temperatura	25 °C
Presión barométrica	1.013 bar
Velocidad del viento	0 - 4.667 km/h
Ángulo de lanzamiento	85°



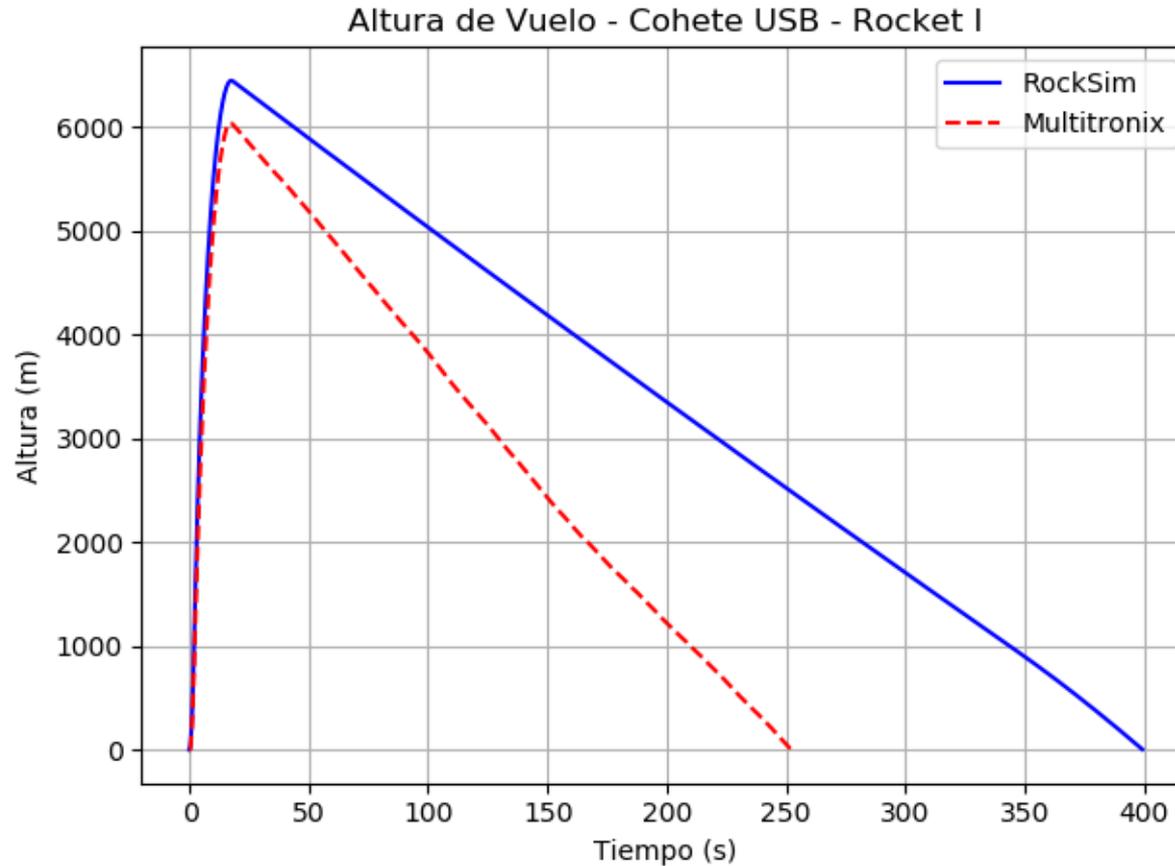
Número de Mach



Fuente: Adaptación de RockSim



Altura de vuelo



Fuente: Adaptación de RockSim



Simulación en RockSim® Resultados

Máximo número de Mach	0.893
Máximo empuje entregado	350.8 N
Aceleración máxima	178.9 m/s ²
Velocidad máxima	303.5 m/s
Altura de apogeo	1965 m
Tiempo total de vuelo	400 s
Margen de estabilidad mínimo (Ecuaciones de Barrowman)	2.52 (Estable)



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Sistema de adquisición de datos de vuelo



Requerimientos Selección de componentes

Integración con las dimensiones de la bahía de carga del cohete USB – Rocket I.

Almacenamiento de datos recolectados en el vuelo.

Resistencia estructural ante condiciones de alta aceleración y carga.

Funcionamiento en las condiciones atmosféricas de la altura de apogeo.



Requerimientos Selección de componentes

BMP180	Presión atmosférica y temperatura.
MPU6050	Aceleración en los tres ejes y velocidad angular.
LIS331	Aceleración en los tres ejes.
GPS L86	Posicionamiento del vehículo.
DS1307	Hora real.
Raspberry Pi3 B+	Procesamiento e integración.



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Diseño y construcción de circuito impreso

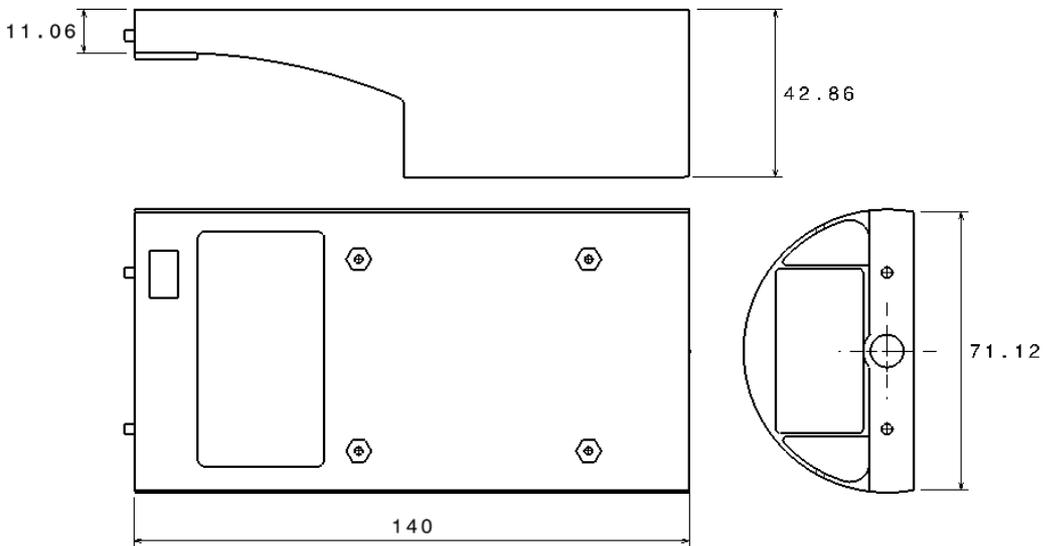


Fuente: Autores



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Integración en bahía de carga del cohete USB – Rocket I

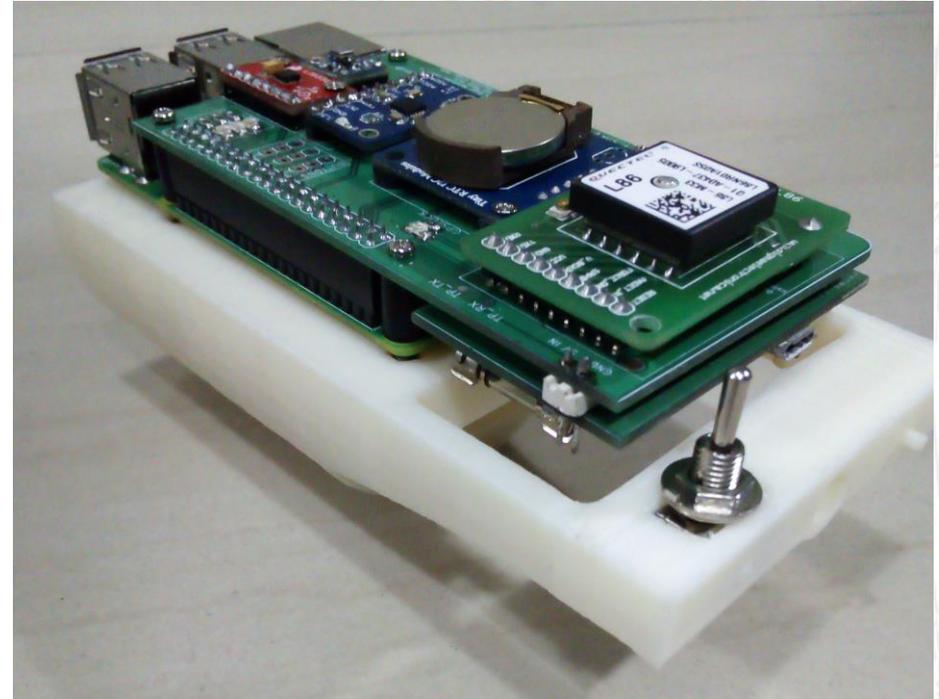
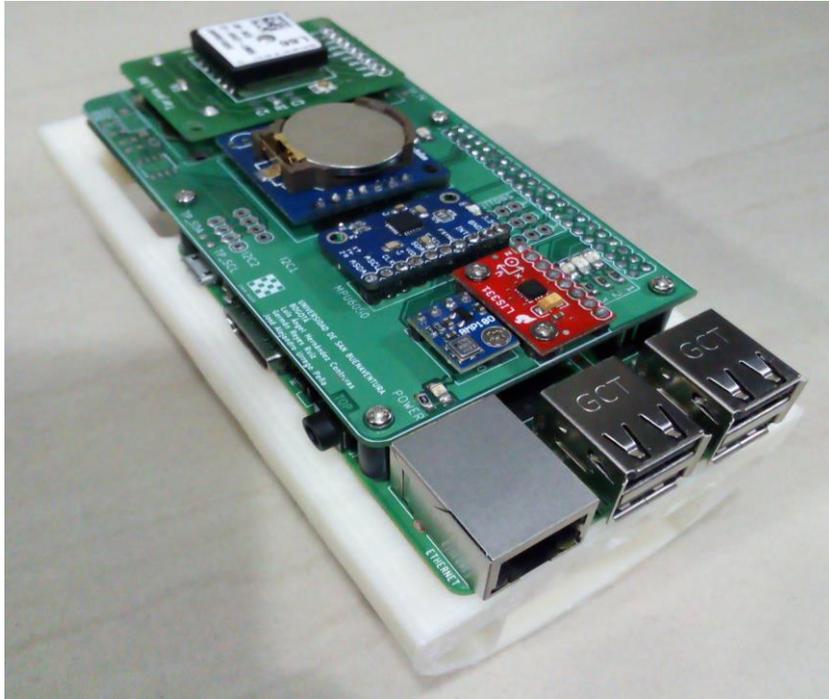


Fuente: Autores



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

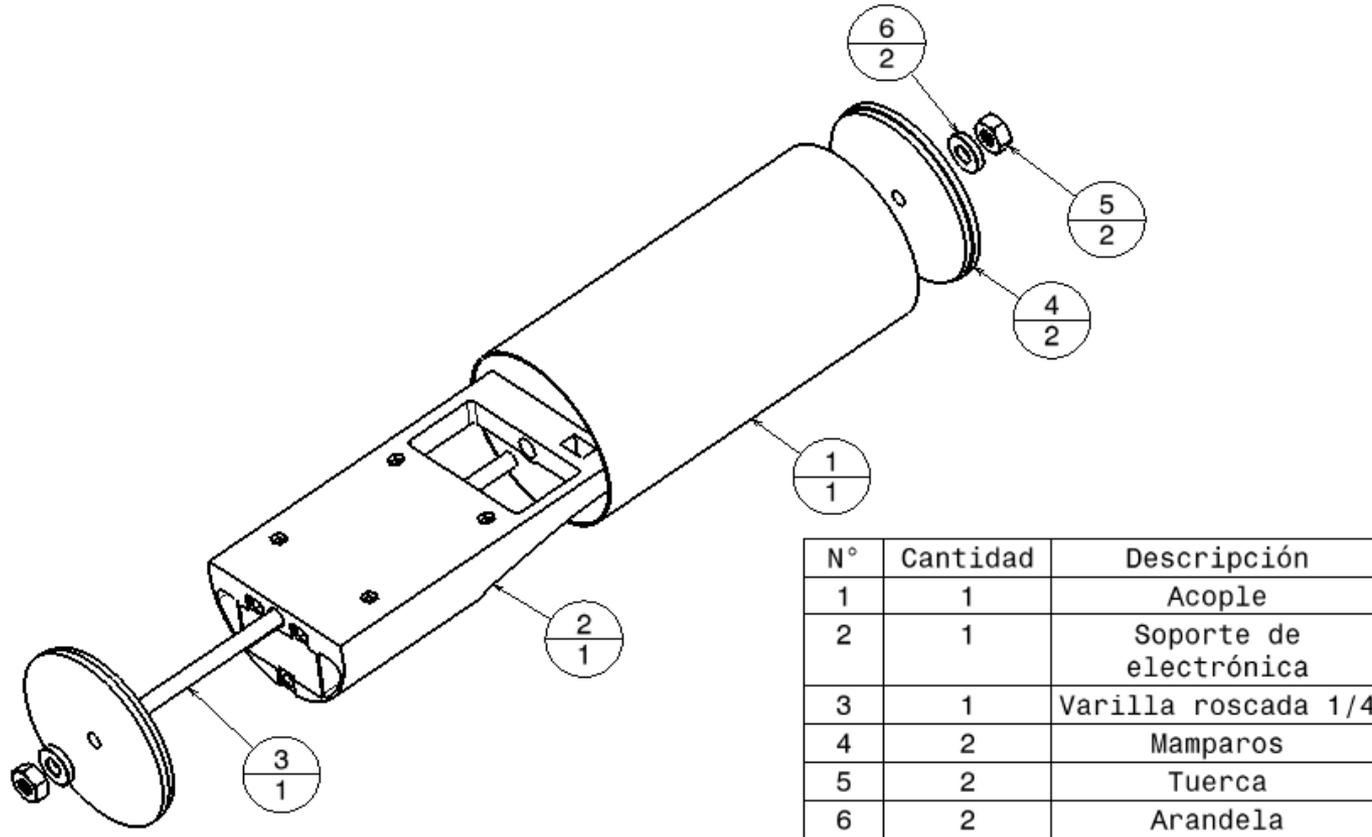
Integración en bahía de carga del cohete USB – Rocket I



Fuente: Autores



Integración en bahía de carga del cohete USB – Rocket I

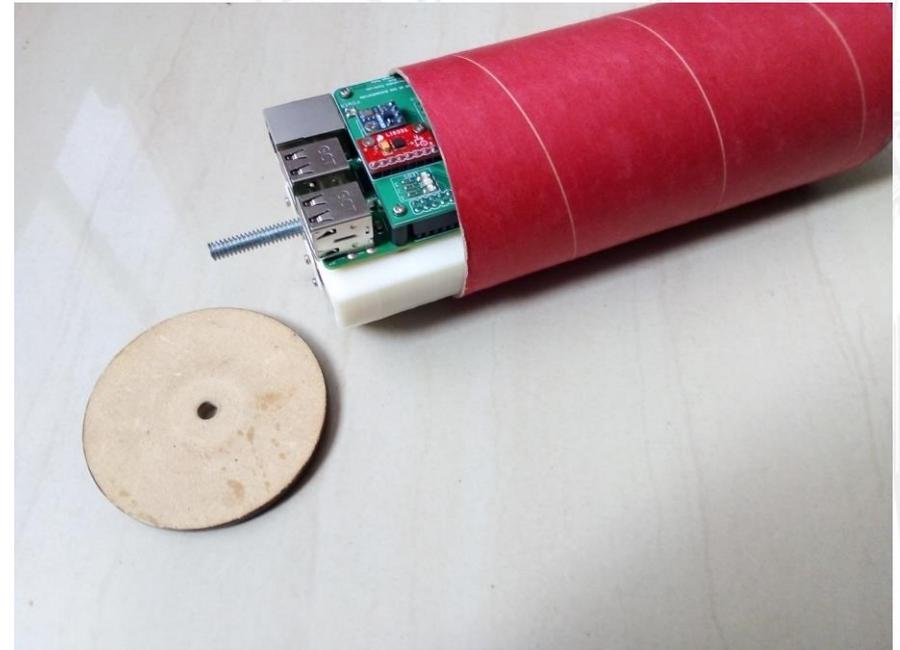
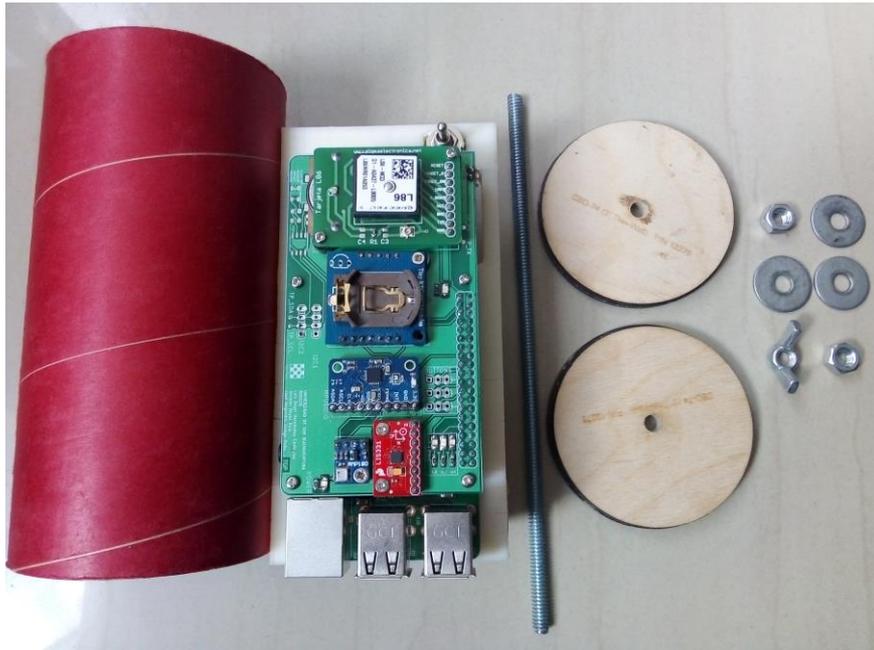


Fuente: Autores



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Integración en bahía de carga del cohete USB – Rocket I

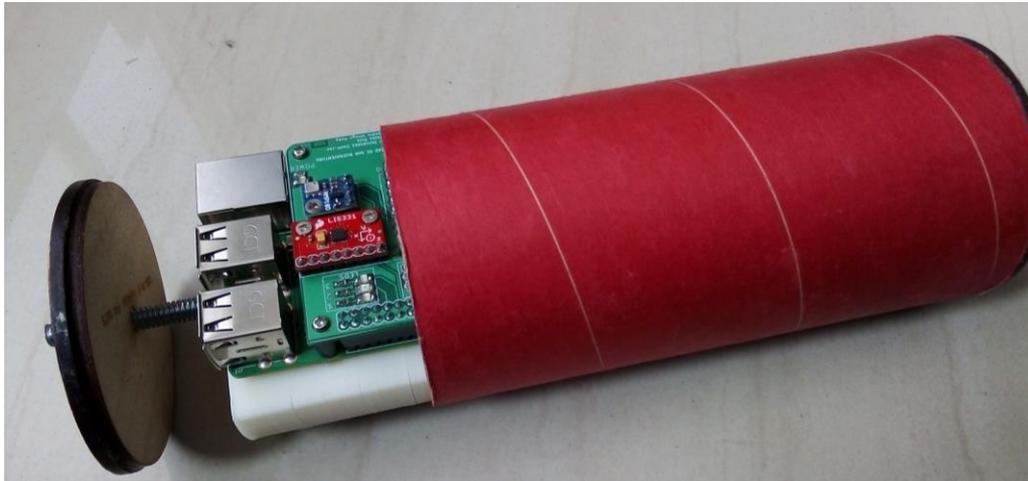


Fuente: Autores



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Integración en bahía de carga del cohete USB – Rocket I



Fuente: Autores

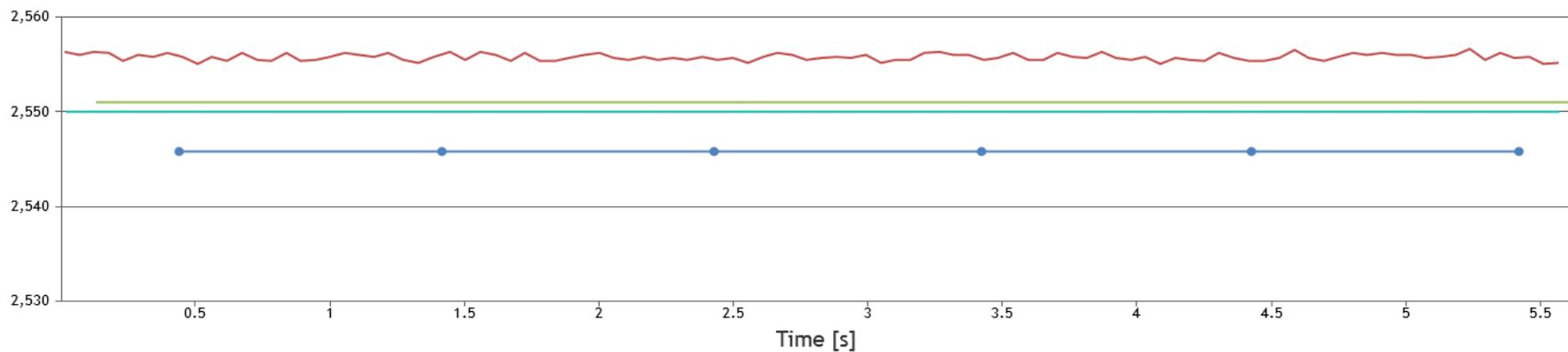


UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Interfaz gráfica de servidor web

192.168.2.2

Sensor Data



Trial Version

→ GPS.Altitude → BARO.Altitude → MPU.Altitude → LIS.Altitude

CanvasJS.com

GPS.Time 11253.645204
GPS.Latitude 4.6
GPS.Longitude -74.1
GPS.NumSats 16
BARO.Temp 39.4
MPU.NoseAccel 1.0185546875
LIS.NoseAccel -1.067138671875

Fuente: Autores



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

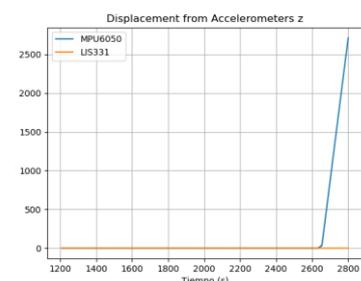
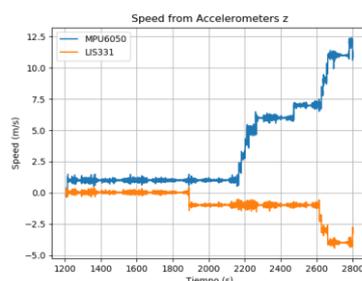
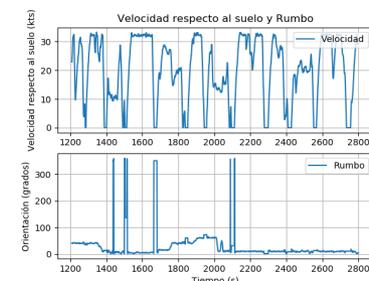
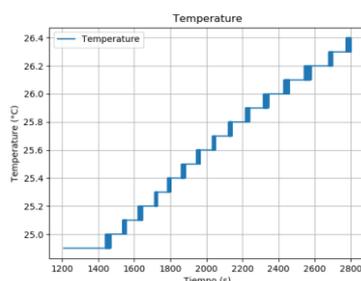
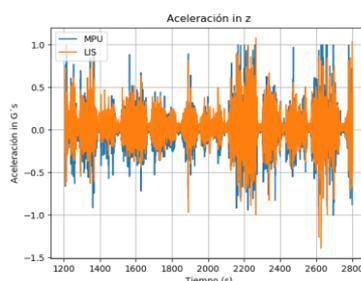
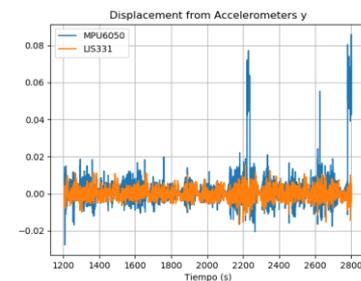
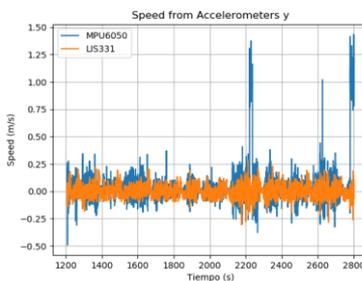
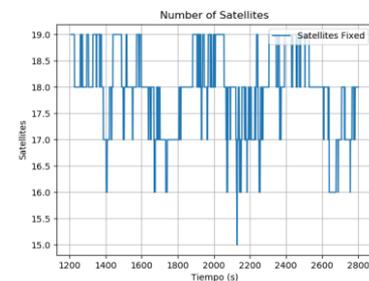
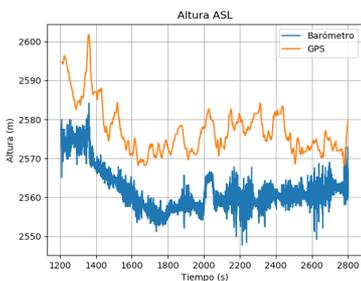
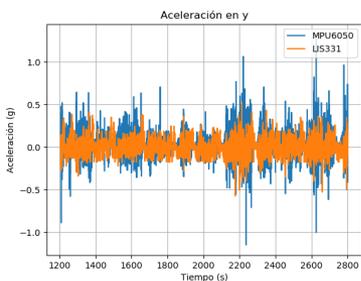
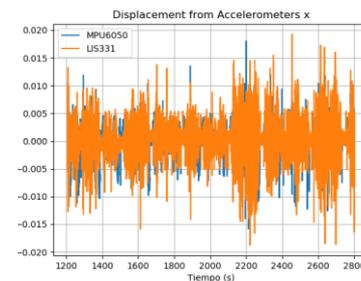
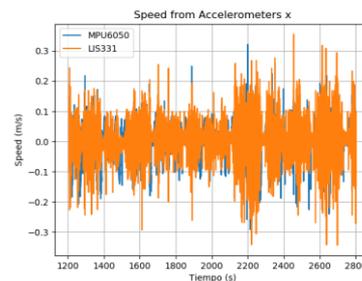
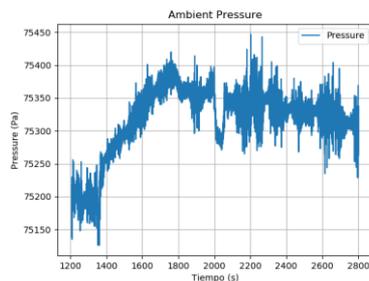
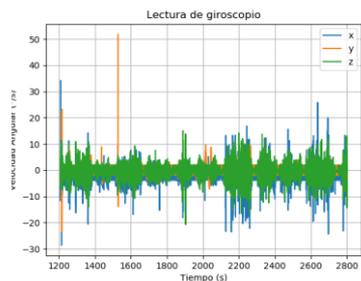
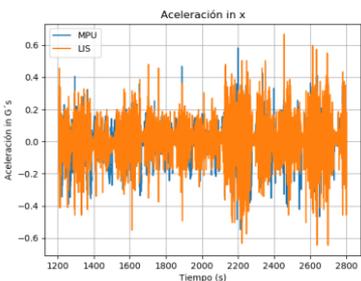
Pruebas de funcionamiento



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Prueba en movimiento horizontal

Gráficas obtenidas

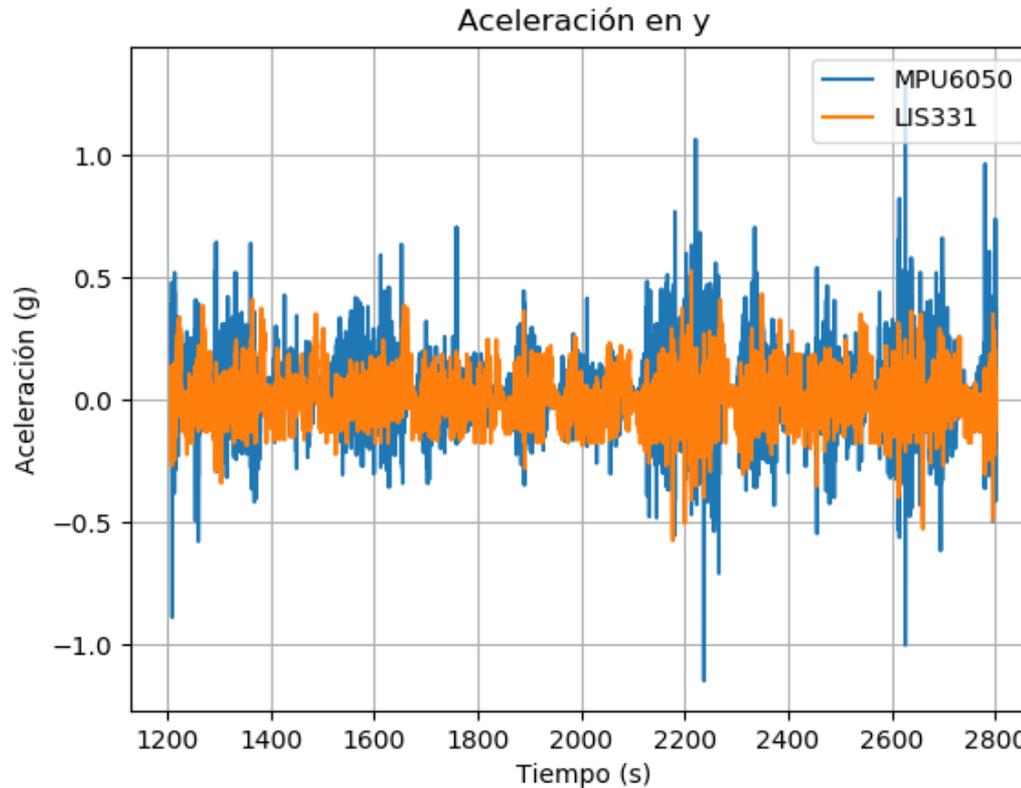




UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Prueba en movimiento horizontal

Aceleración en la dirección del movimiento

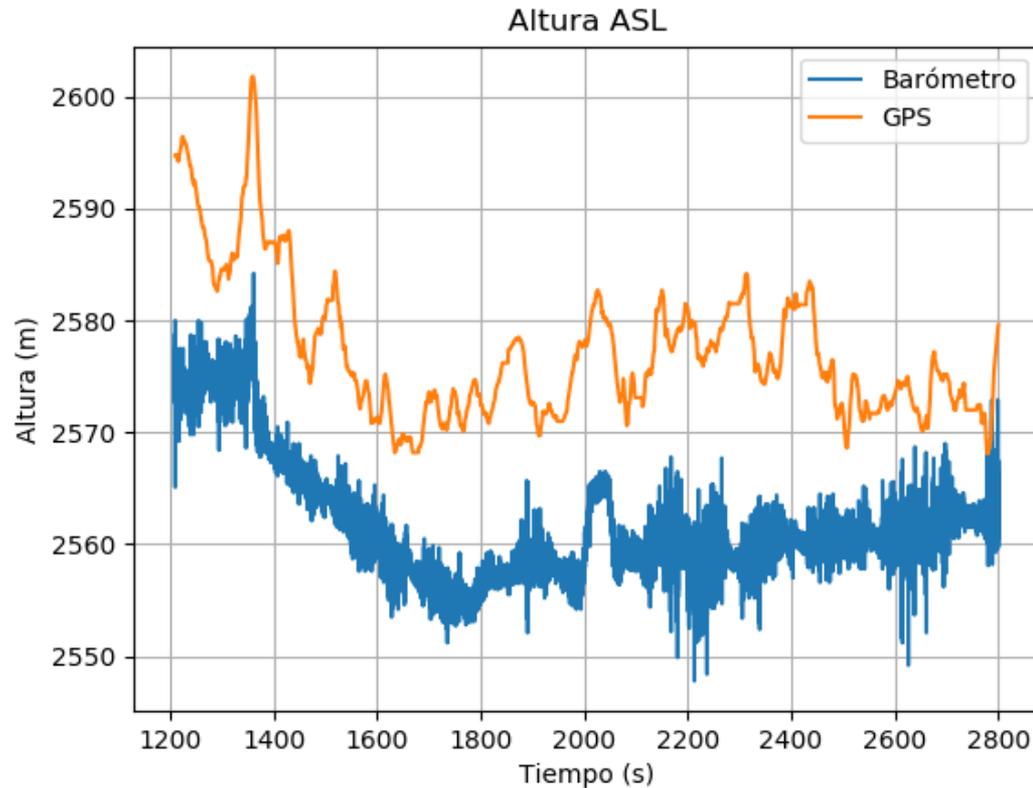


Fuente: Autores



Prueba en movimiento horizontal

Altitud

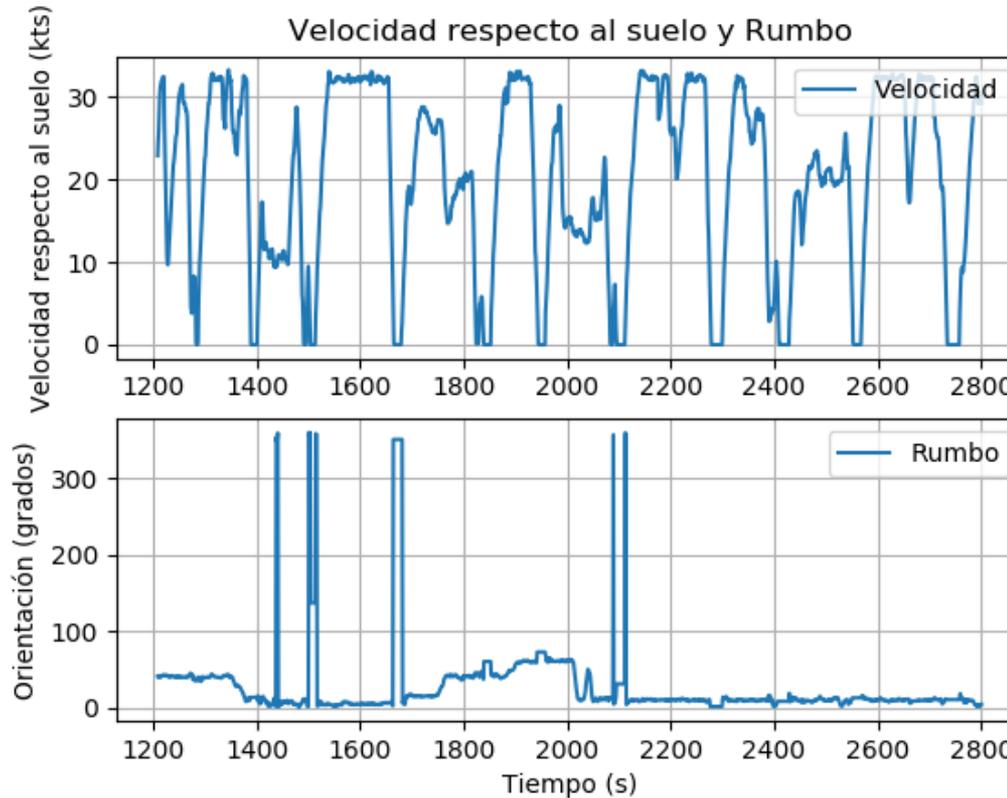


Fuente: Autores



Prueba en movimiento horizontal

Velocidad y rumbo



Fuente: Autores



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Prueba en movimiento horizontal Recorrido

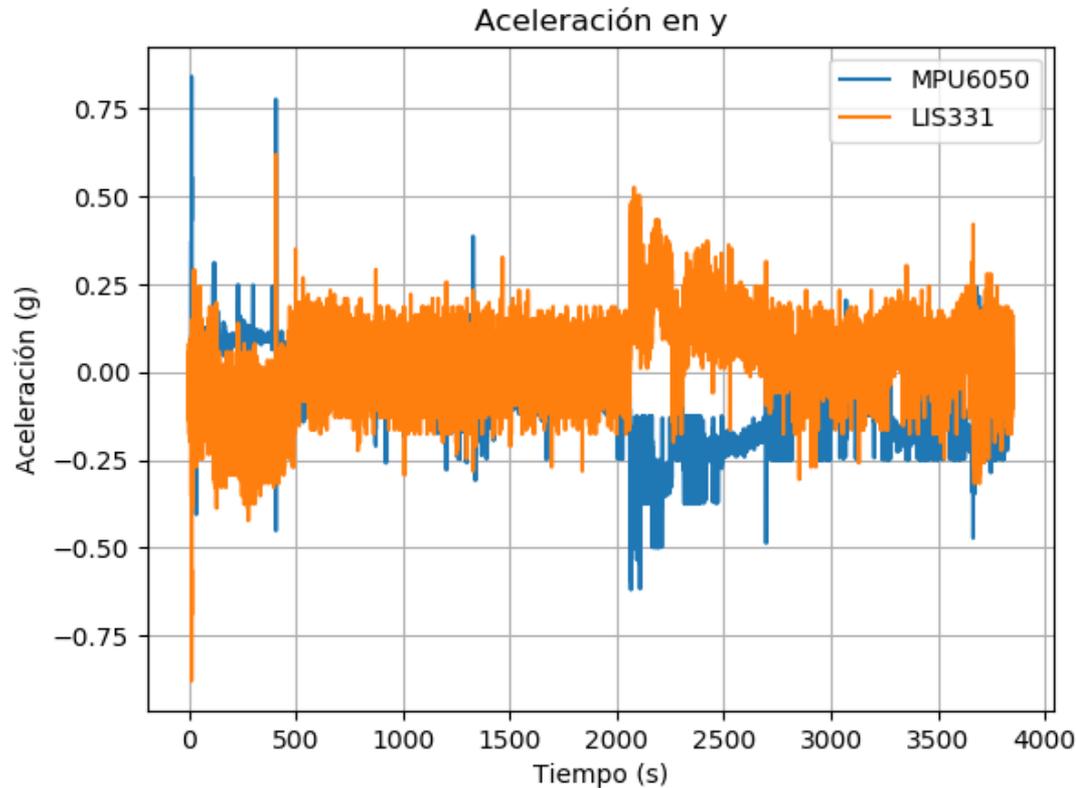


Fuente: Autores



Prueba en vuelo comercial

Aceleración en la dirección del movimiento

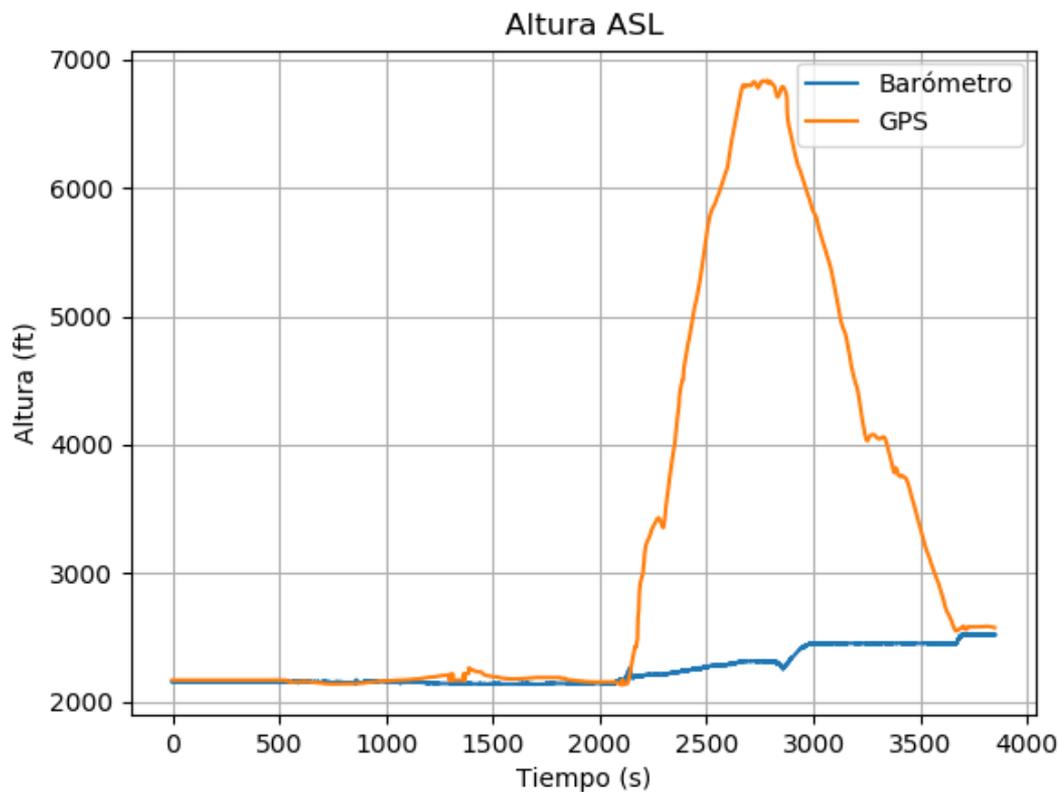


Fuente: Autores



Prueba en vuelo comercial

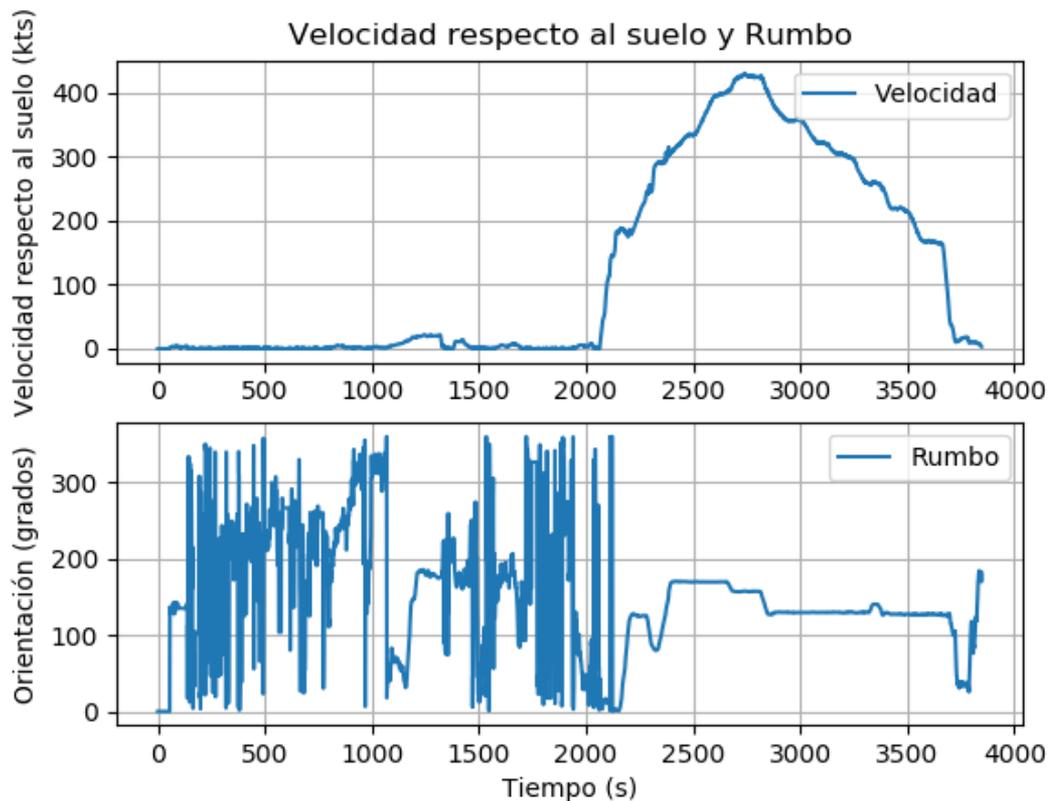
Altura de vuelo



Fuente: Autores



Prueba en vuelo comercial Velocidad y rumbo

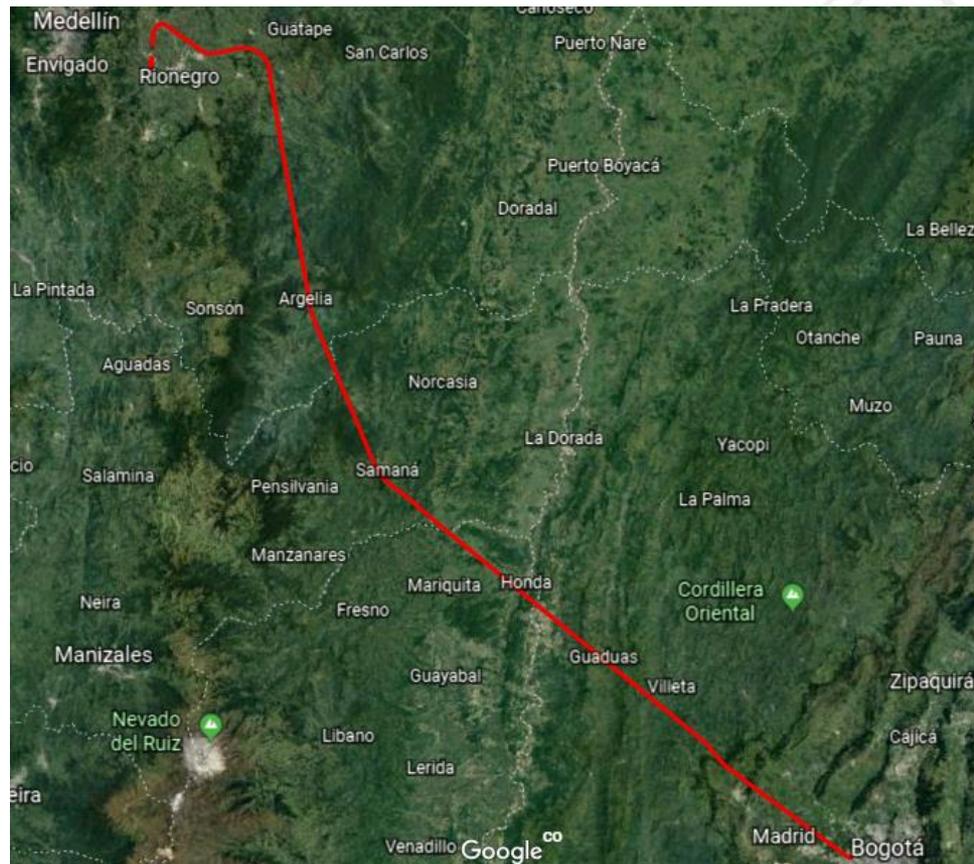


Fuente: Autores



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

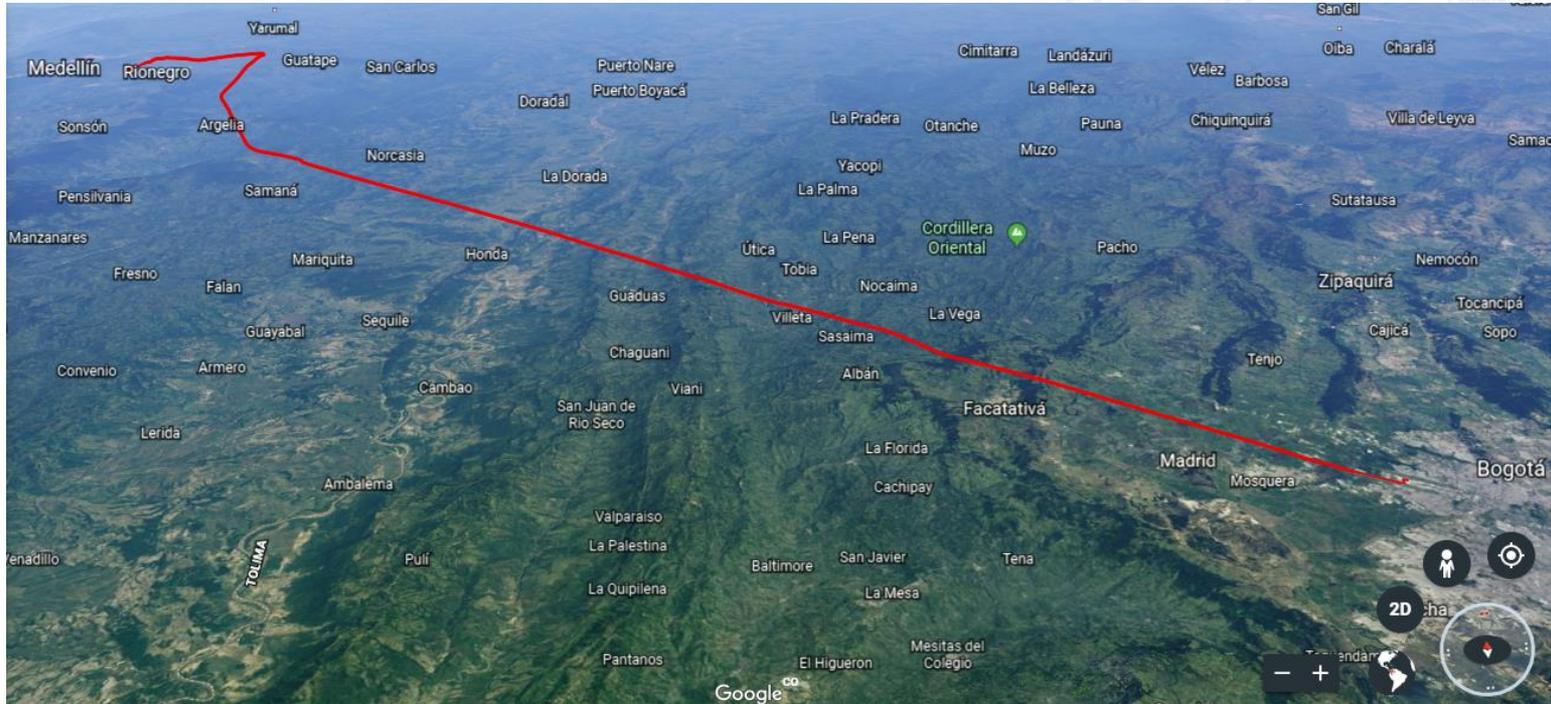
Prueba en vuelo comercial Recorrido



Fuente: Autores



Prueba en vuelo comercial Recorrido



Fuente: Autores



Conclusiones

- Al comparar la simulación en RockSim con los datos de un vuelo real del cohete:
 - Error relativo para el número de Mach: 14.89 %
 - Error relativo para la altitud: 6.34 %
- Se tiene un prototipo completamente desarrollado e integrado, listo para una prueba en condiciones reales.
- Al comparar los costos de los sistemas de adquisición de datos:
 - Costo estimado de desarrollo de prototipo: 1.300.000 COP
 - Costo estimado de sistema Multitronix: 8.000.000 COP
- Trabajos futuros:
 - Integrar transmisión de datos en tiempo real.
 - Desarrollar sistema de estabilización activa a partir de las mediciones del sistema.



Bibliografía

1. J. A. Urrego Peña, «Investigaciones en cohetería experimental. Misión Séneca, Lanzamiento del cohete Ainkaa I,» Bogotá, 2009.
2. L. F. Ibáñez Pachón, M. G. Rincón Moreno y D. E. Rolón Buenhaber, «Diseño y construcción de una misión de cohetería experimental con propelente tipo sólido para alcances estratosféricos,» Bogotá, 2016.
3. R. A. Jiménez Manzanera, «Sistema de telemetría en tiempo real para cohete balístico amateur,» Bogotá, 2009.
4. N. E. Velásquez Saavedra, «Diseño e implementación de centro de control e ignición de cohetes experimentales sobre un sistema embebido,» Bogotá, 2013.
5. A. Gülhan, «Main Achievements of the Rocket Technology Flight Experiment ROTEX-T,» de *21st AIAA International Space Planes and Hypersonic Technologies Conference*, Xiamen, China, 2017.
6. Waterloo Rocketry, «Unexploded Ordnance Hybrid Rocket,» Ontario, 2018.
7. T. Van Milligan, «RockSim v9,» Apogee Components, 2019.
8. H. J. Acosta León, «Análisis comparativo de resultados computacionales y experimentales del vuelo del cohete USB - Rocket I bajo normativa Trípoli I y II,» de *Encuentro de Investigación, Desarrollo e Innovación en el Sector Aeronáutico*, Bogotá, 2018.
9. H. J. Acosta León y J. A. Urrego Peña, «Diseño de una plataforma tipo cohete para la obtención de la certificación Trípoli de alta potencia nivel II,» Bogotá, 2017.



Bibliografía

10. Bosch, «BMP180 Digital Pressure Sensor,» 2015.
11. Quectel, «Quectel L86,» Shanghai, 2014.
12. Raspberry Pi, «Raspberry Pi Model 3 B+,» s.f.. [En línea]. Available: <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>. [Último acceso: 2019 Mayo 2019].
13. Adafruit Industries, «Adafruit-Raspberry-Pi-Python-Code,» 2016. [En línea]. Available: <https://github.com/adafruit/Adafruit-Raspberry-Pi-Python-Code>.
14. RaspberryPi.com, «Measuring Rotation and acceleration with the Raspberry Pi,» s.f.. [En línea]. Available: <https://tutorials-raspberrypi.com/measuring-rotation-and-acceleration-raspberry-pi/>. [Último acceso: 13 Mayo 2019].
15. J. Fox, «ImpactForceMonitor,» 2018. [En línea]. Available: <https://github.com/jenfoxbot/ImpactForceMonitor>. [Último acceso: 13 Mayo 2019].
16. «KiCad EDA,» 2019.
17. A. Augustin, «websockets,» 2019. [En línea]. Available: <https://github.com/augustin/websockets>. [Último acceso: 2019].
18. Google LLC, «Google Earth,» Google LLC, 2019.



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

Gracias

