

Telemetría

Obtención de datos del vuelo del cohete

Cohetes de agua como recurso educativo:
desde la motivación científico-tecnológica en aula hasta la participación del
alumnado en un concurso en Castellón

**WATER
ROCKETS**



Cohetes de agua como recurso educativo: desde la motivación científicotecnológica hasta la participación en un concurso

Índice

Introducción

Montaje

Toma de datos

Introducción



Cohetes de agua como recurso educativo: desde la motivación científicotecnológica hasta la participación en un concurso

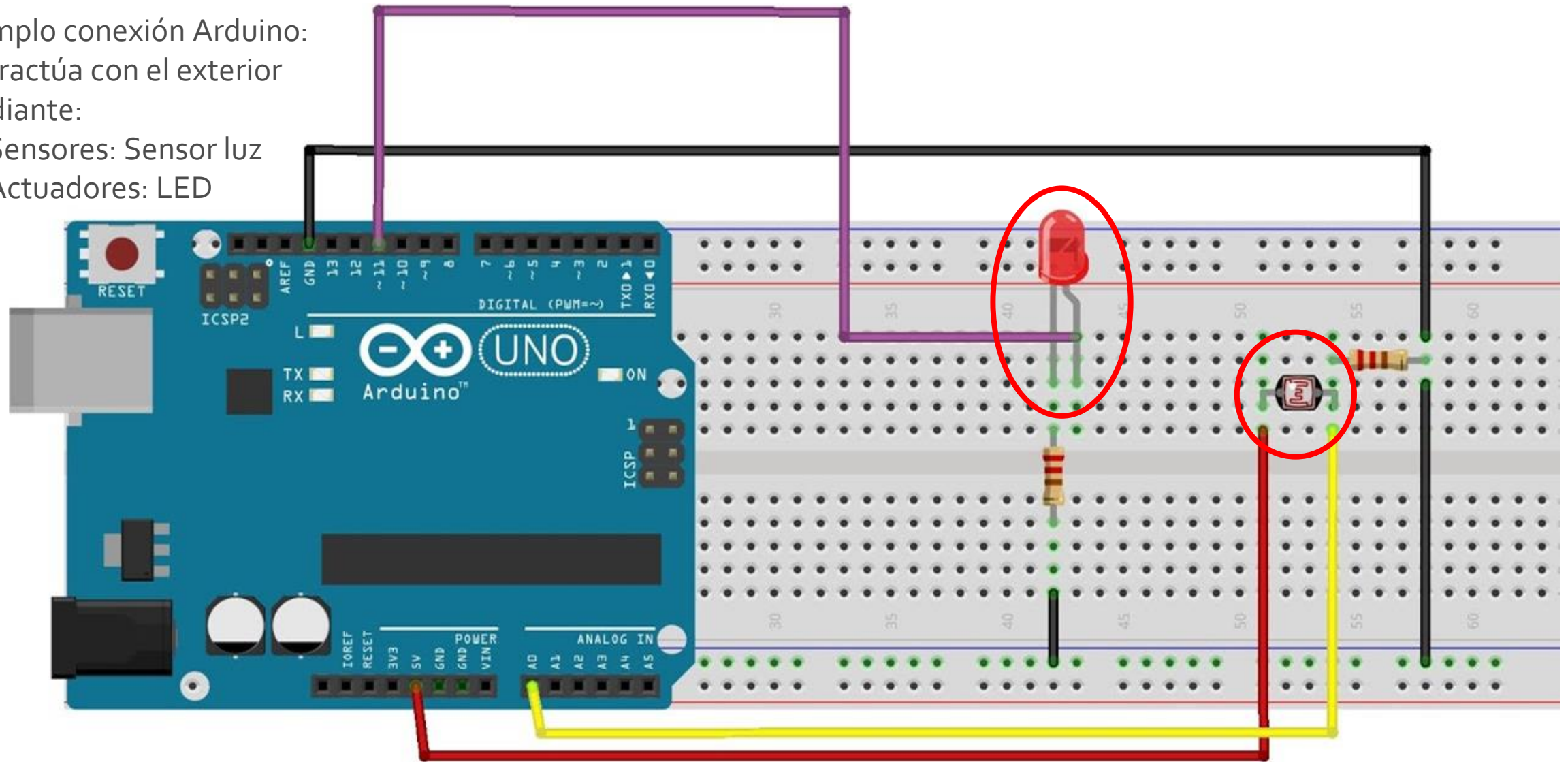
¿Qué es ARDUINO?

- Empresa dedicada al desarrollo de software y hardware libre.
- Ventajas
 - Coste reducido.
 - Facilidad de programación.
 - Comunidad
- Inconvenientes
 - Falta de robustez.



Ejemplo conexión Arduino:
Interactúa con el exterior
mediante:

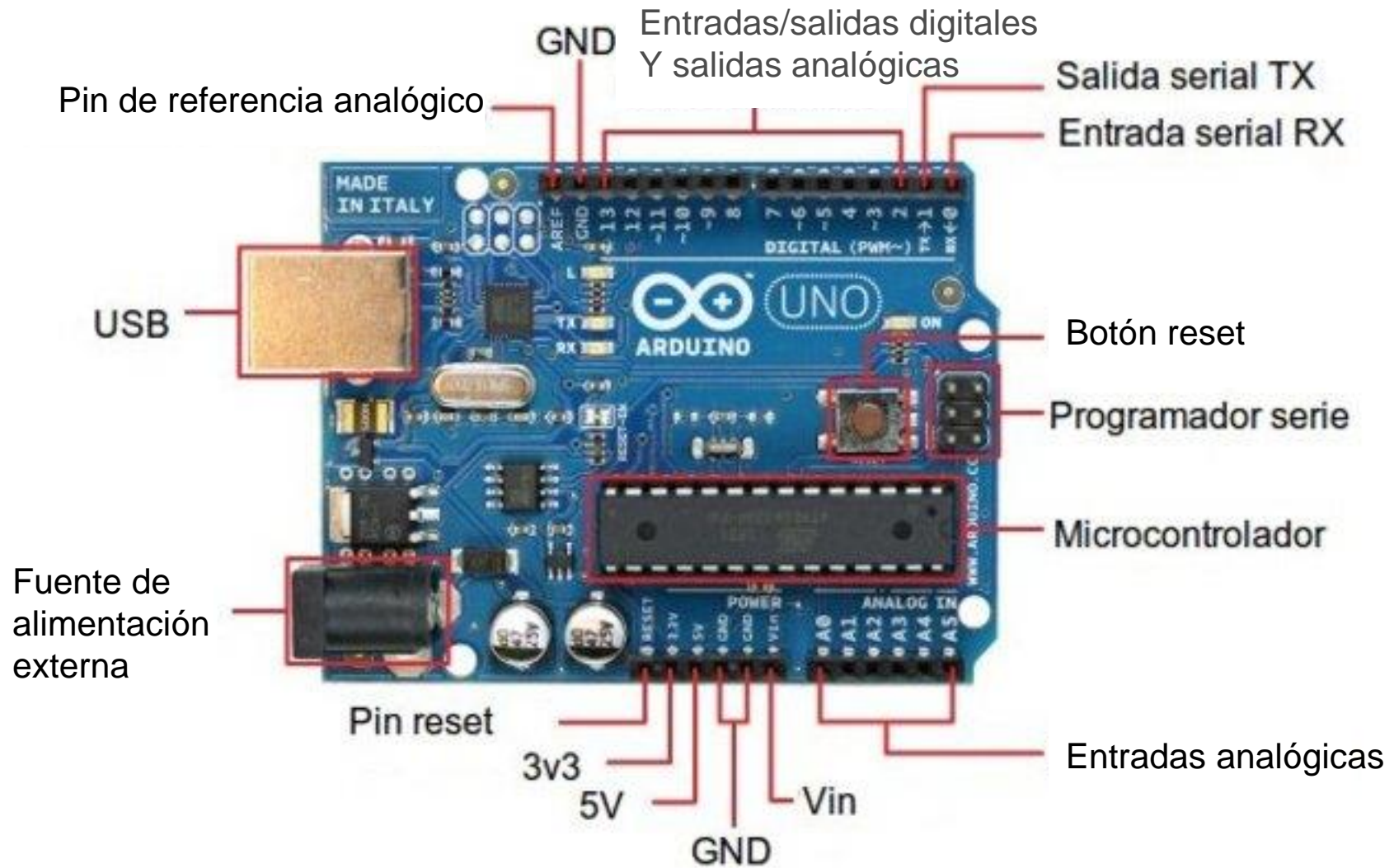
- Sensores: Sensor luz
- Actuadores: LED



Diferentes ejemplos de microcontroladores



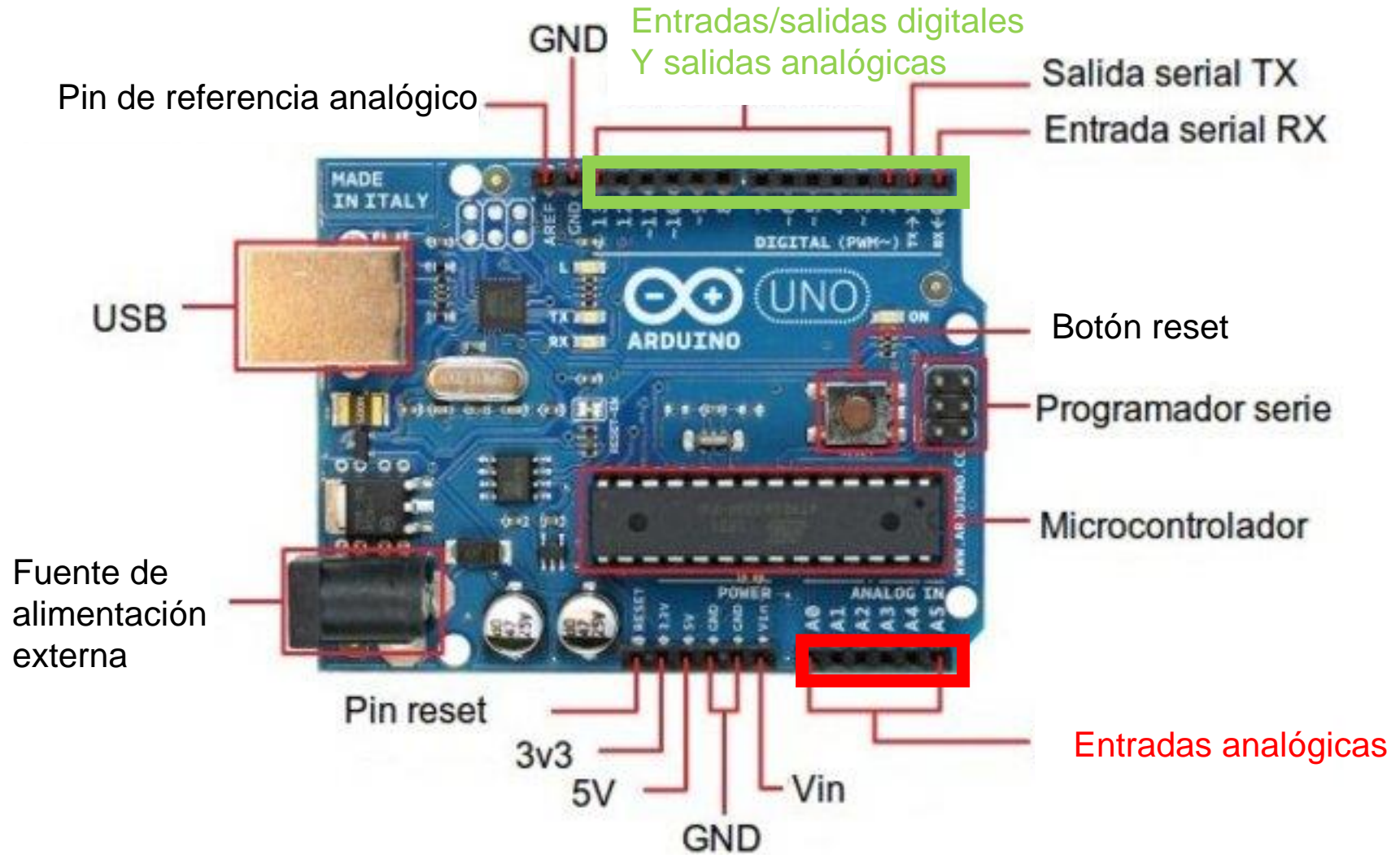
Componentes placa Arduino UNO (u otro microcontrolador)



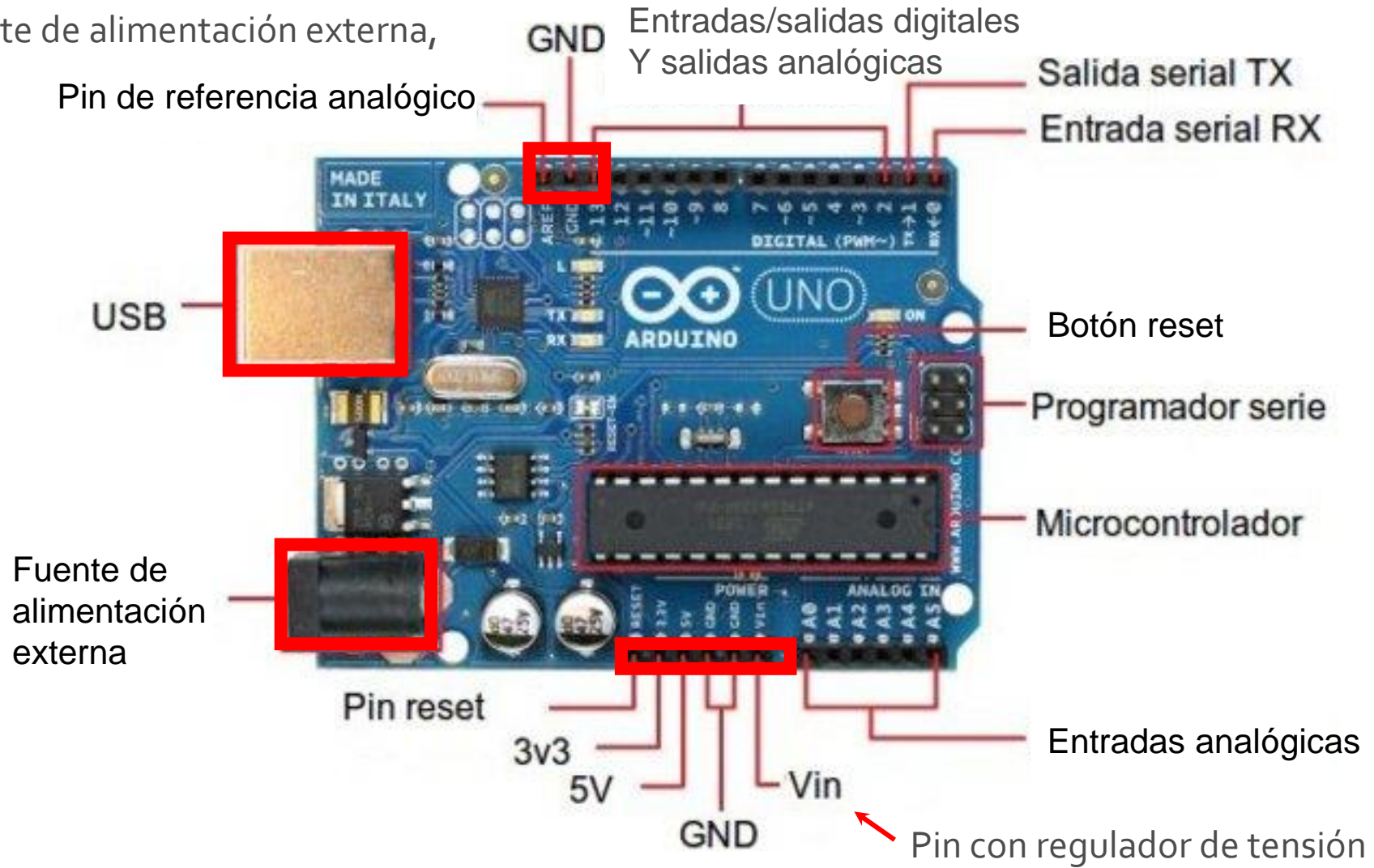
Microcontrolador (Microchip): Cerebro del Arduino.



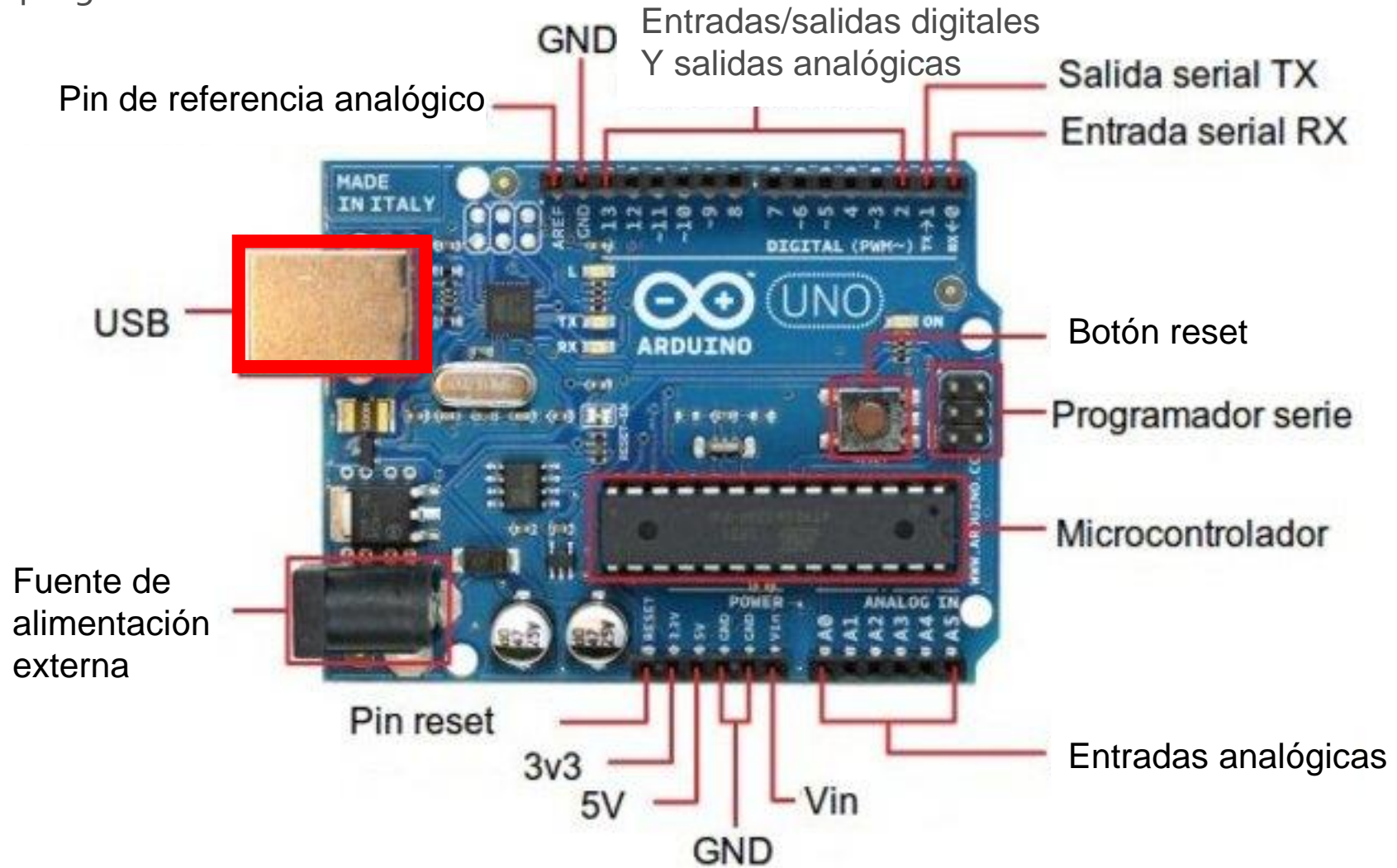
Pines entradas y salidas: Se conectan los sensores y actuadores.



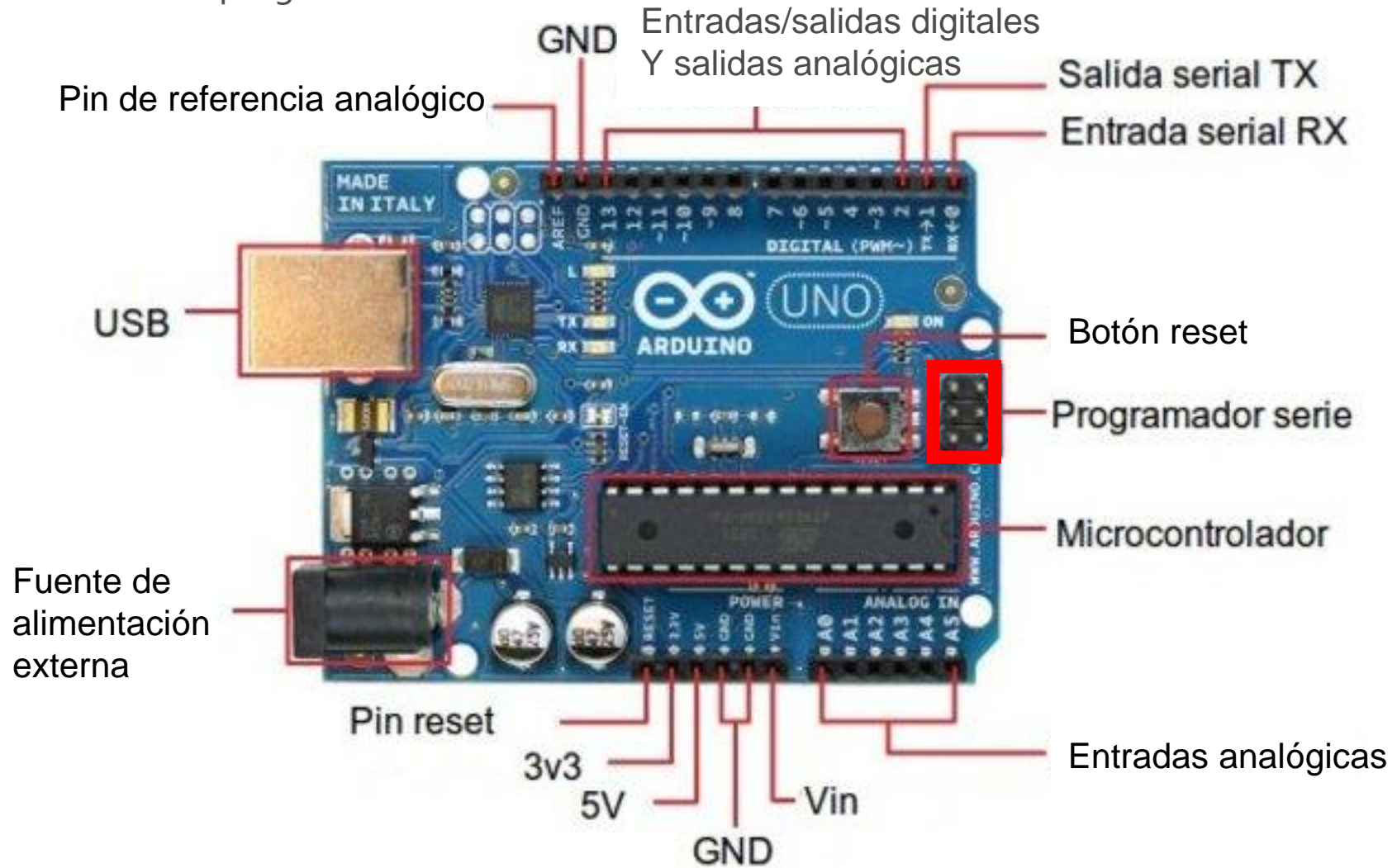
Alimentación: Hay muchas formas de alimentar un Arduino: USB, fuente de alimentación externa, o por los pines.



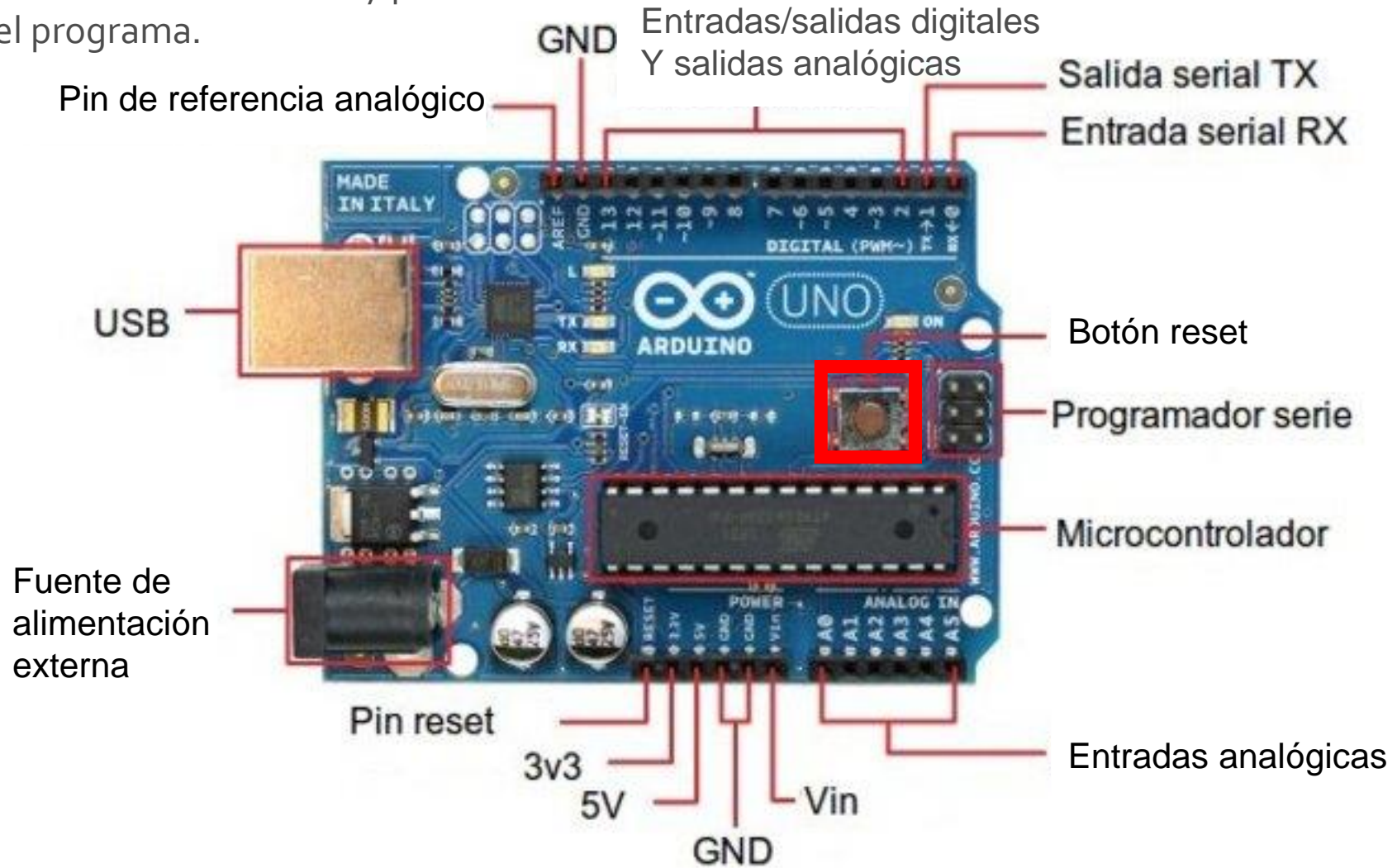
USB: Para introducir el programa al microcontrolador.

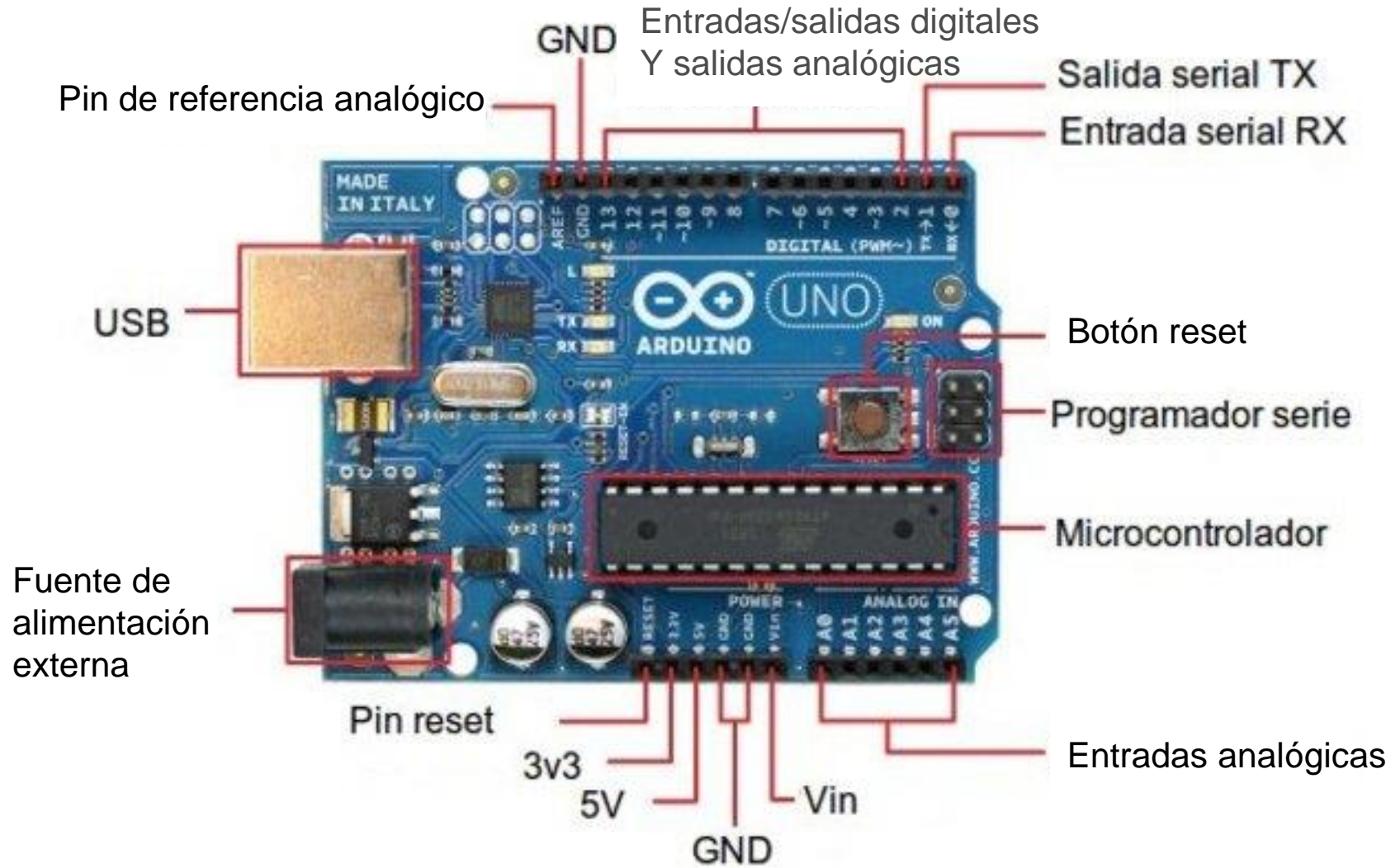


Programador Serie: Otra forma de programar el microcontrolador.



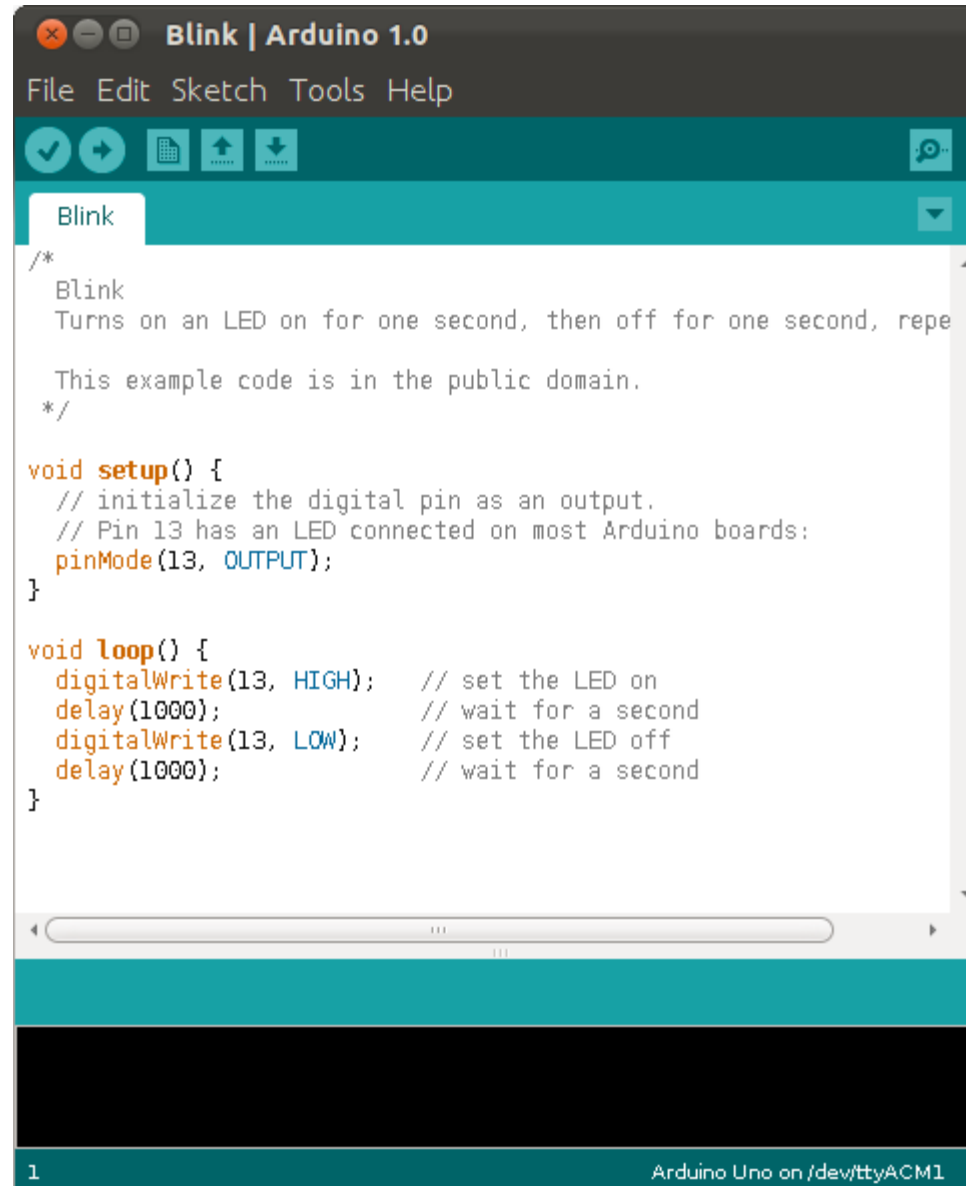
Botón de Reset: Reinicia el microcontrolador y por lo tanto la ejecución del programa.





IDE (integrated development environment) de Arduino:

- Es el entorno de programación de Arduino.
- Se programa en el lenguaje C.
- Muchas librerías que facilitan la programación.



```
Arduino IDE - Blink | Arduino 1.0
File Edit Sketch Tools Help
Blink
/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repe
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off
  delay(1000); // wait for a second
}

1 Arduino Uno on /dev/ttyACM1
```



```
void setup() {  
  // initialize the digital pin as an output.  
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:  
  pinMode(13, OUTPUT);  
}
```

```
void loop() {  
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on  
  delay(1000); // wait for a second  
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off  
  delay(1000); // wait for a second  
}
```

Void setup(){...} Se ejecuta una vez al inicio de la ejecución del programa.

pinMode(13, OUTPUT) Configura el pin 13 como salida. Si fuera entrada sería INPUT.

```
void setup() {  
  // initialize the digital pin as an output.  
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:  
  pinMode(13, OUTPUT);  
}
```

```
void loop() {  
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on  
  delay(1000);           // wait for a second  
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off  
  delay(1000);           // wait for a second  
}
```

Void loop(){...} Se ejecuta en un bucle todo el tiempo.

digitalWrite(13, HIGH) Escribe en el pin 13 un 1 digital.

Delay(1000) Espera de 1000 ms, es decir 1 segundo.

```

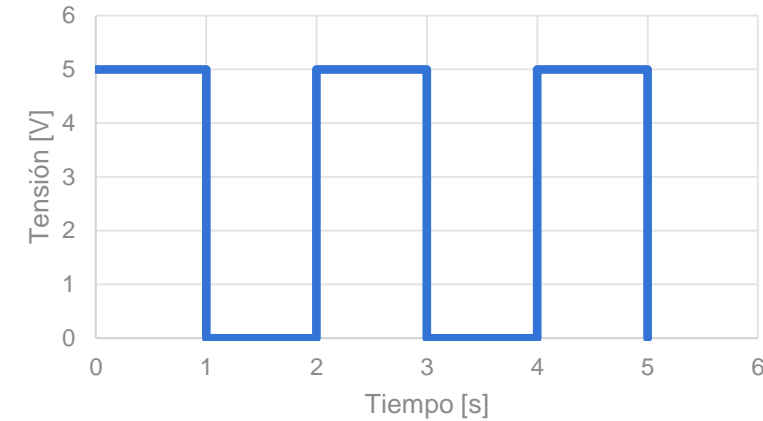
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:
  pinMode(13, OUTPUT);
}

```

```

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off
  delay(1000); // wait for a second
}

```



Void loop(){...} Se ejecuta en un bucle todo el tiempo.

digitalWrite(13, HIGH) Escribe en el pin 13 un 1 digital.

Delay(1000) Espera de 1000 ms, es decir 1 segundo.

¿Qué datos nos interesa obtener del vuelo?

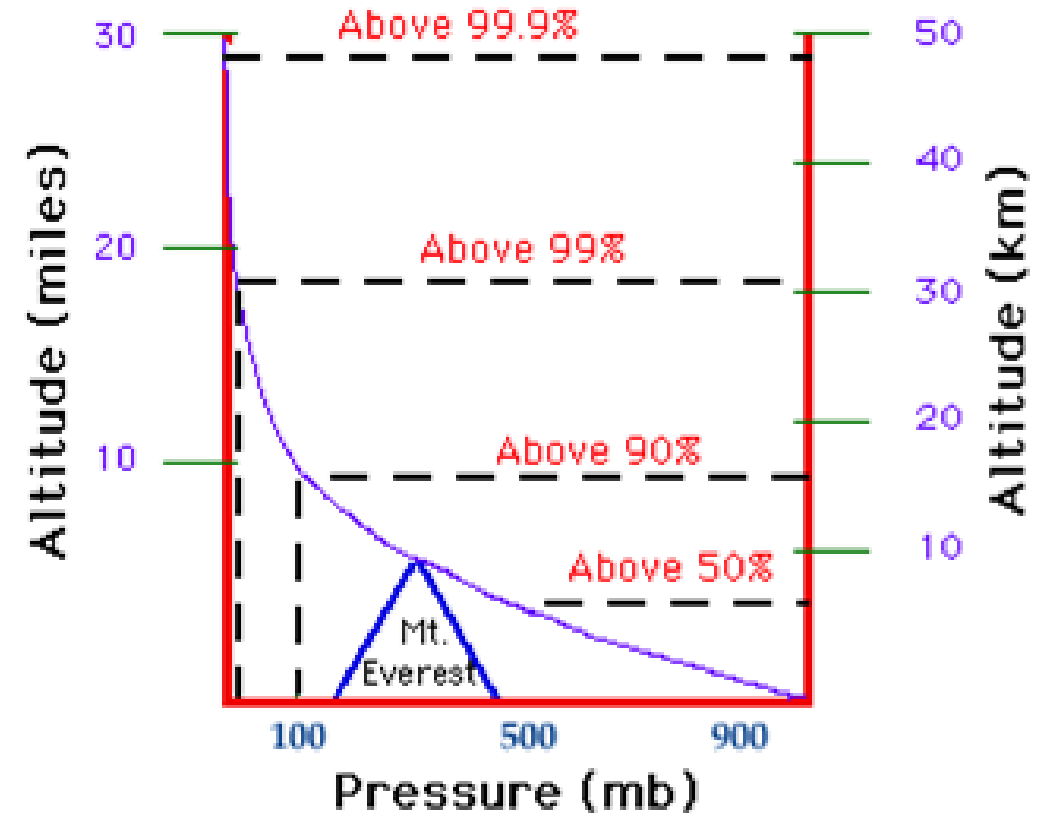
- Altura
- Velocidad
- Tiempo de vuelo

Altura

- Se puede obtener la altura a partir de la presión.
- Esto se debe a que la presión atmosférica varía en función de la altura (Ecuación de la hidrostática).

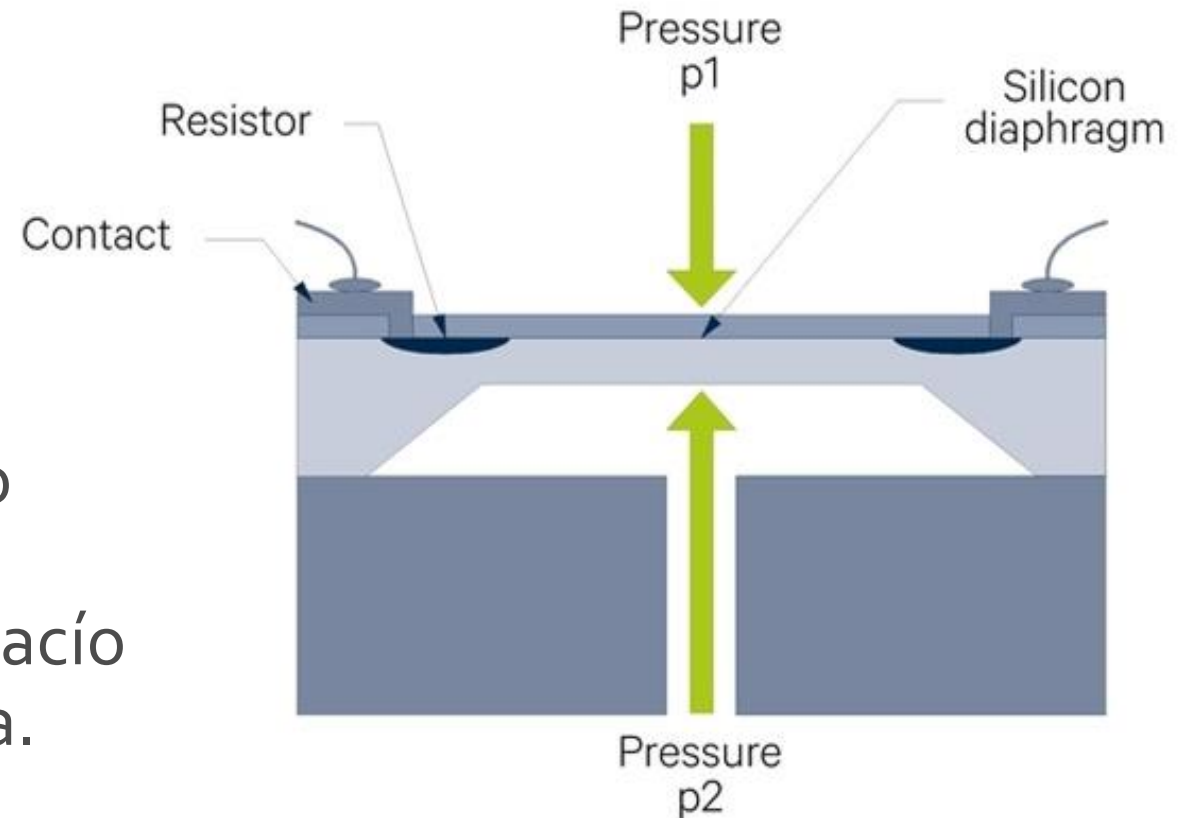
$$\frac{dP}{dz} = -\rho \cdot g$$

- En aire 1m \rightarrow 12 Pa



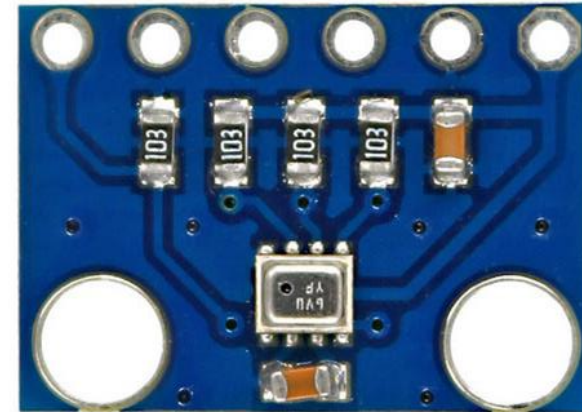
Altura

- Para obtener la presión se usa un barómetro.
- Al aumentar la presión atmosférica (P_1), la membrana se deforma.
- Midiendo esta deformación (Efecto piezorresistivo), podemos saber la diferencia de presión. Si tenemos vacío en P_2 , medimos la presión absoluta.



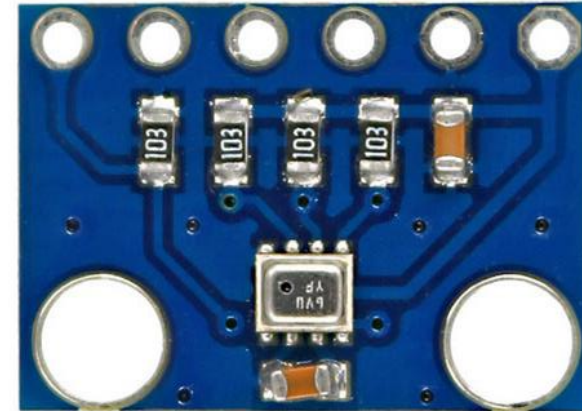
Altura

- Sensor BMP180
 - Rango de medición: 300 a 1100hPa
 - Precisión absoluta: 2hPa
 - Precisión relativa: 0,12hPA
 - Voltaje: 1,8 y 3,6 V
 - Temperatura: -40°C/85°C
 - Lenguaje: I2C & SPI
- Sensor BMP380
 - Rango de medición: 300 a 1250hPa
 - Precisión absoluta: 0,5Pa
 - Precisión relativa: 0,06hPA
 - Voltaje: 1,2 y 3,6 V
 - Temperatura: -40°C/85°C
 - Lenguaje: I2C & SPI



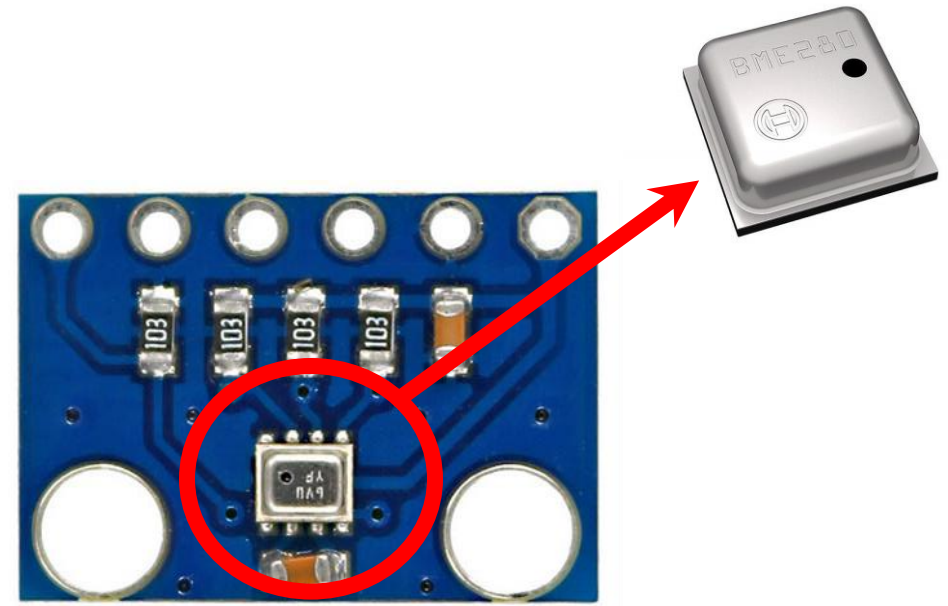
Altura

- Sensor BMP180
 - Rango de medición: 300 a 1100hPa
 - Precisión absoluta: 2hPa
 - Precisión relativa: 0,12hPA $12\text{Pa} \approx 1\text{m}$
 - Voltaje: 1,8 y 3,6 V
 - Temperatura: $-40^{\circ}\text{C}/85^{\circ}\text{C}$
 - Lenguaje: I2C & SPI
- Sensor BMP380
 - Rango de medición: 300 a 1250hPa
 - Precisión absoluta: 0,5Pa
 - Precisión relativa: 0,06hPA
 - Voltaje: 1,2 y 3,6 V
 - Temperatura: $-40^{\circ}\text{C}/85^{\circ}\text{C}$
 - Lenguaje: I2C & SPI

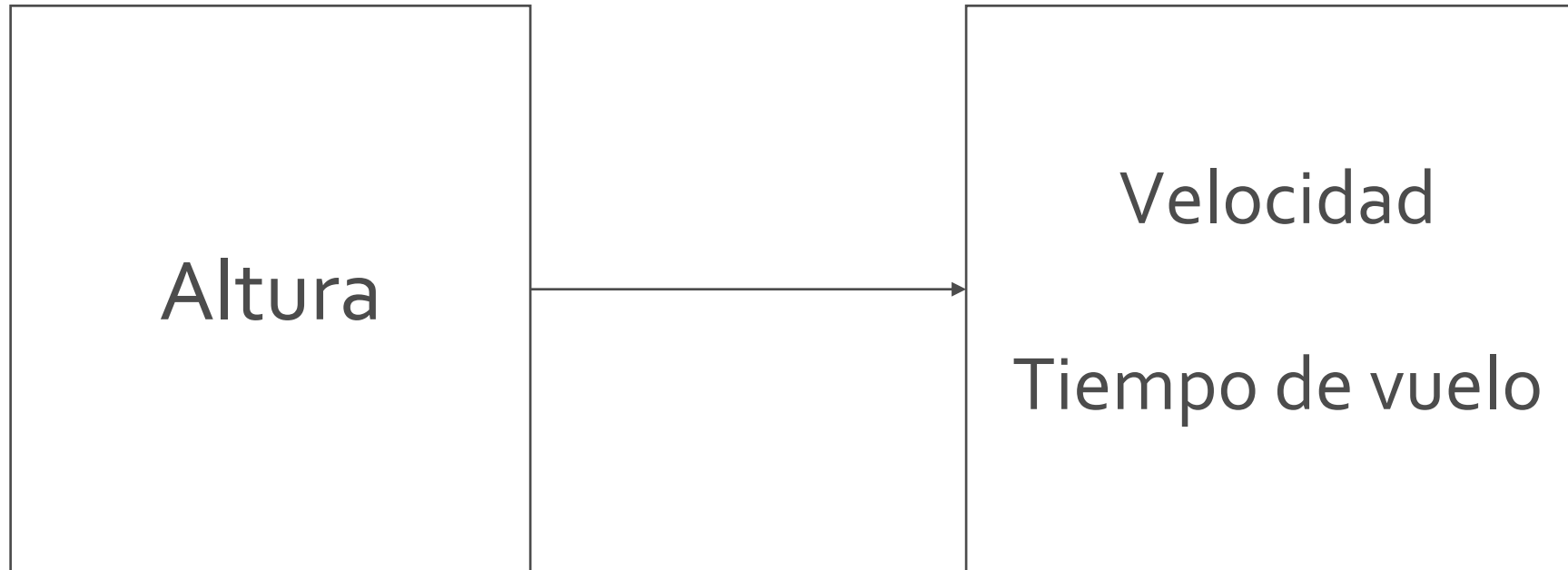


Altura

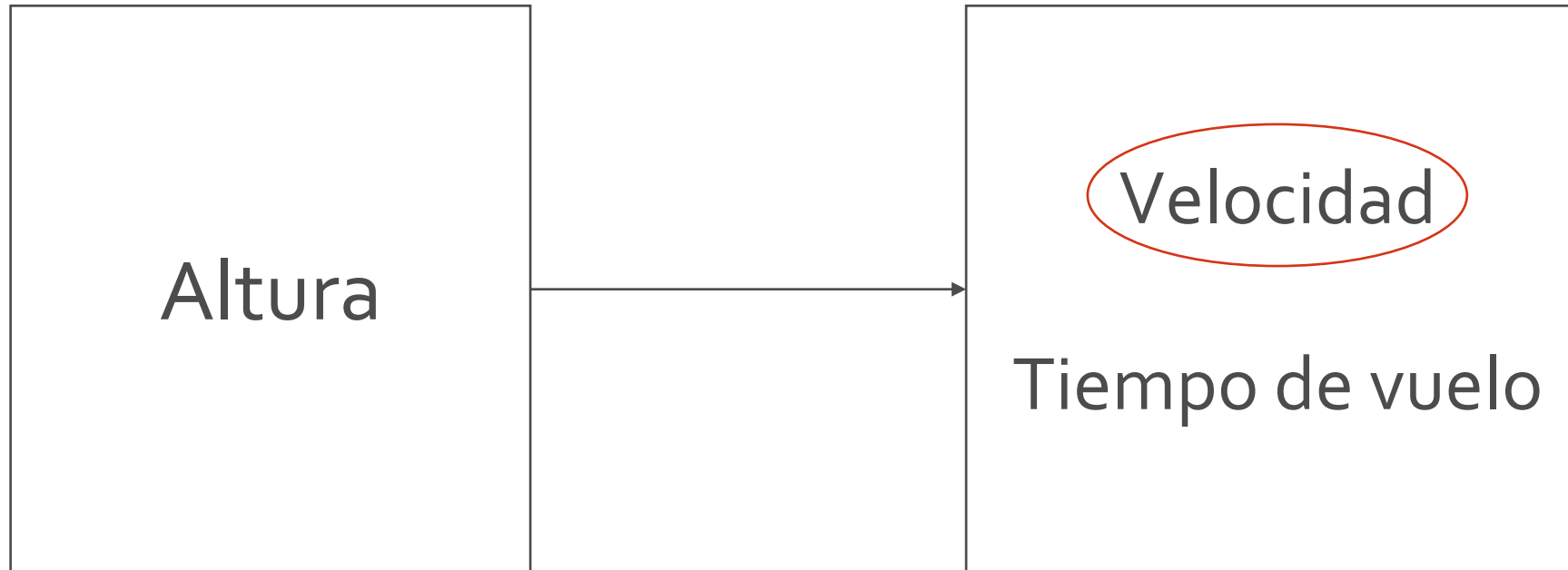
- Sensor BMP180
 - Rango de medición: 300 a 1100hPa
 - Precisión absoluta: 2hPa
 - Precisión relativa: 0,12hPA
 - Voltaje: 1,8 y 3,6 V
 - Temperatura: -40°C/85°C
 - Lenguaje: I2C & SPI
- Sensor BMP380
 - Rango de medición: 300 a 1250hPa
 - Precisión absoluta: 0,5Pa
 - Precisión relativa: 0,06hPA
 - Voltaje: 1,2 y 3,6 V
 - Temperatura: -40°C/85°C
 - Lenguaje: I2C & SPI



¿Qué datos nos interesa obtener del vuelo?



¿Qué datos nos interesa obtener del vuelo?



Velocidad

- A partir de la altura podemos obtener la velocidad.

$$v = \frac{e}{t} = \frac{h}{t}$$

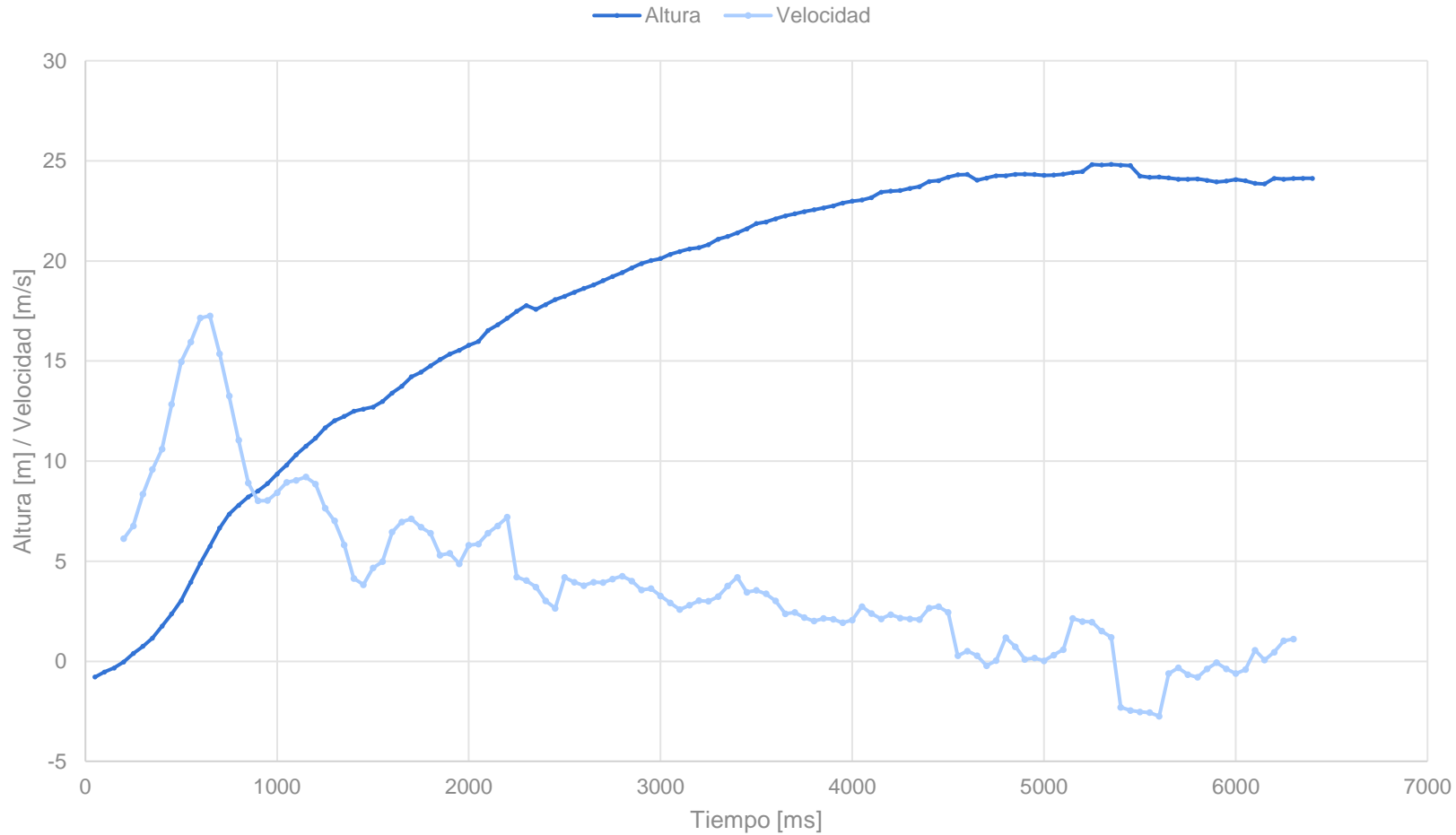
$$v_3 = \frac{h_3 - h_2}{\Delta t}$$

$$v_3 = \frac{4 - 2}{1} = 2 \text{ m/s}$$

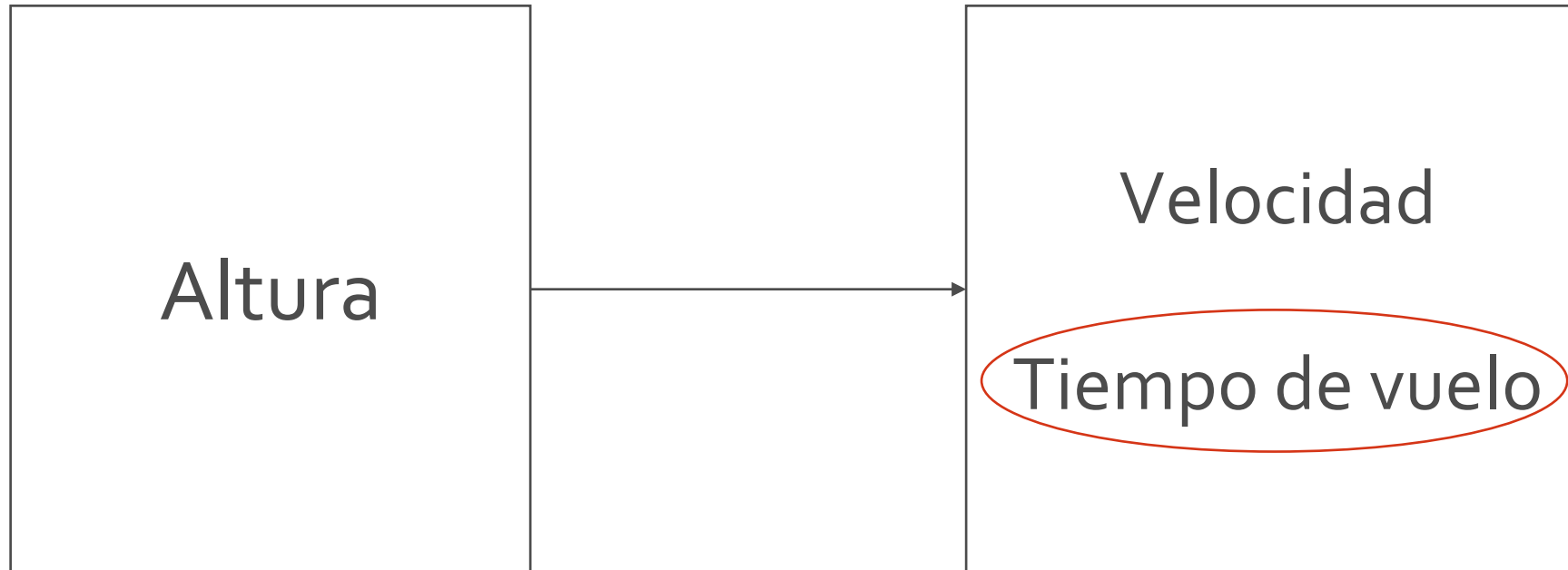
$$v_3 = 2 \text{ m/s}$$

Tiempo (s)	Δt (s)	Altura (m)	Velocidad (m/s)
0	1	0	-
1	1	1	1
2	1	2	1
3	1	4	2

Velocidad



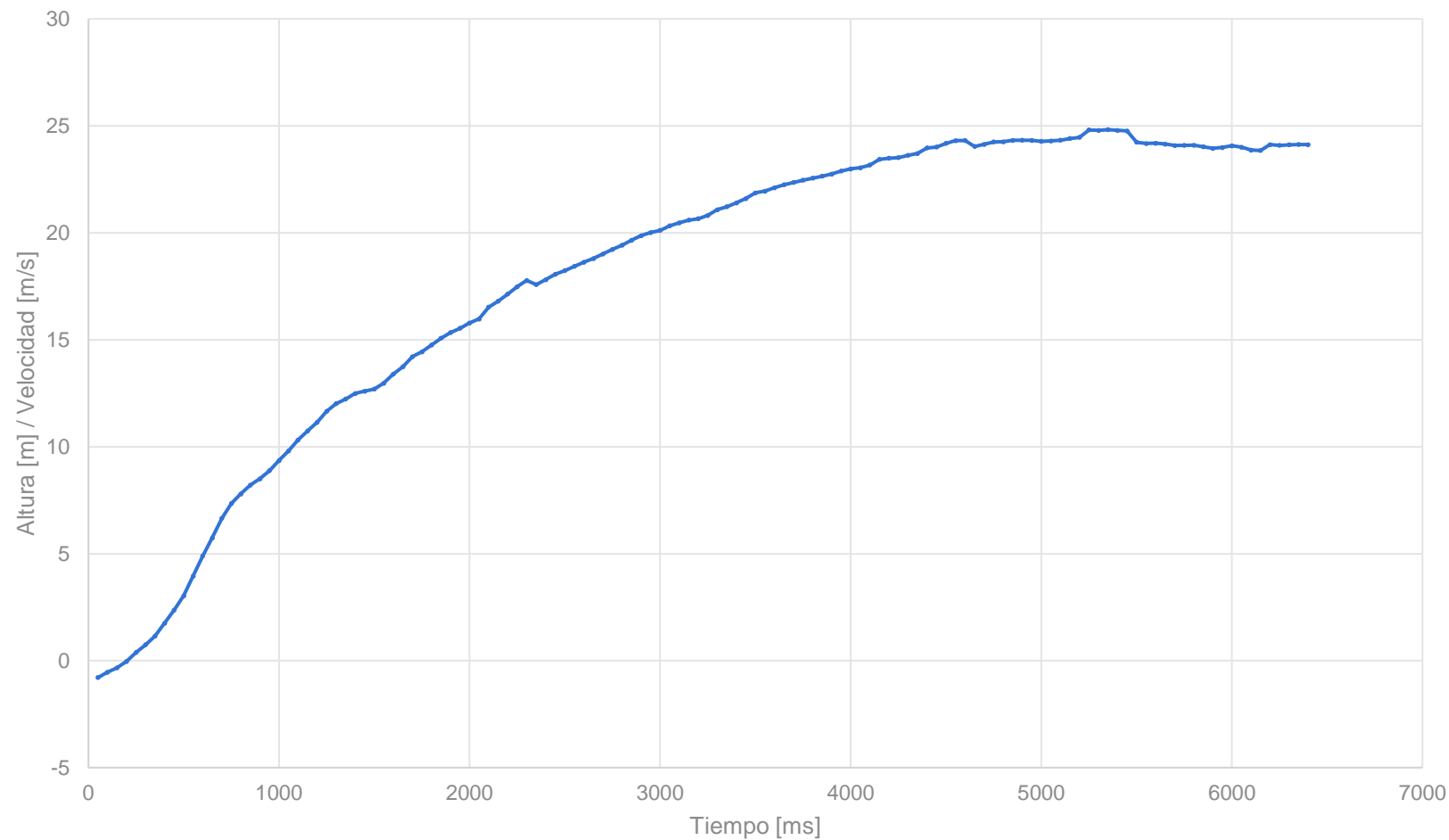
¿Qué datos nos interesa obtener del vuelo?



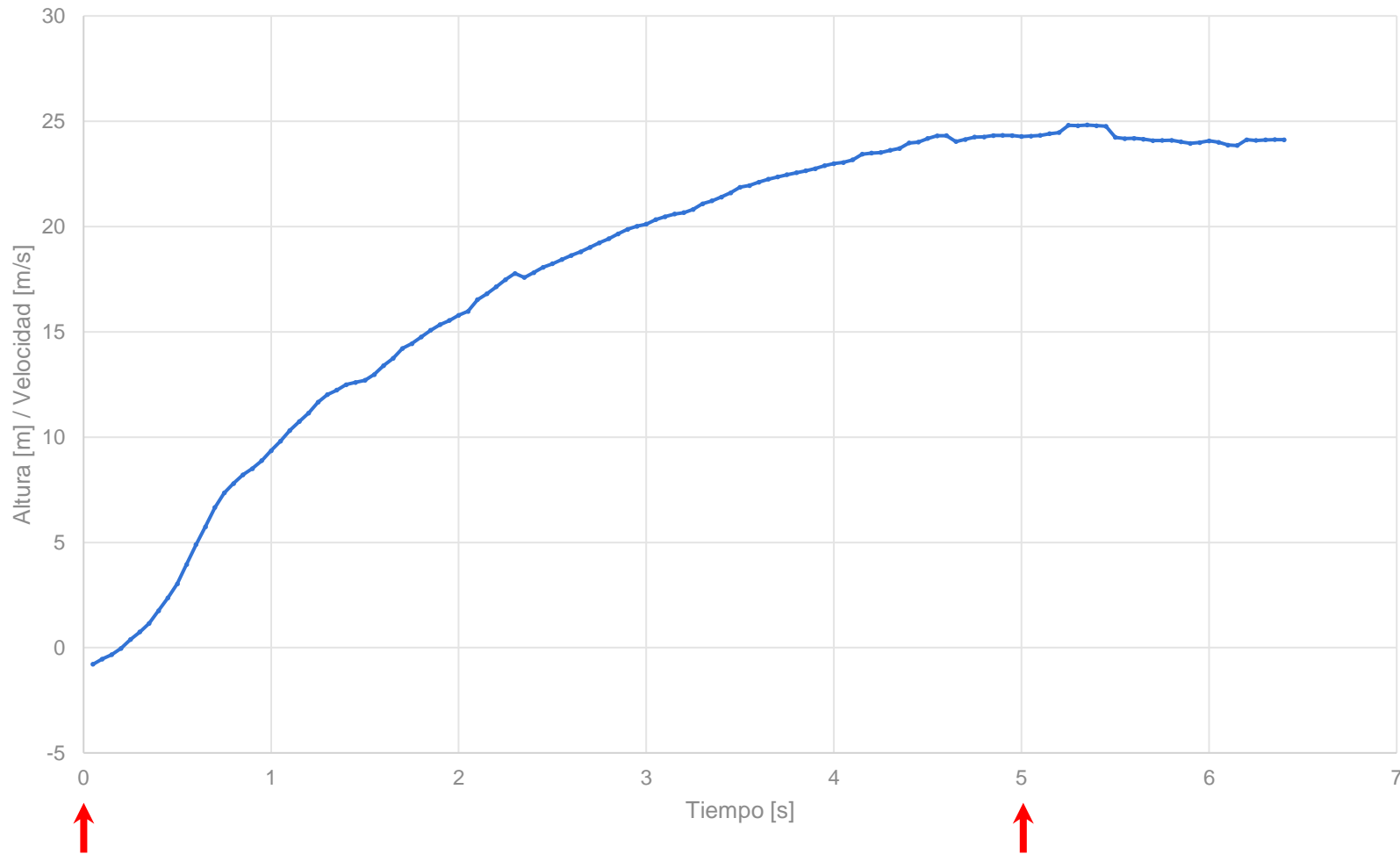
Tiempo de vuelo

- A partir de los datos de altura se puede obtener el tiempo de vuelo.
- Tiempo de vuelo: Tiempo transcurrido desde el despegue hasta el aterrizaje.
- Tiempo de subida: Tiempo transcurrido entre el despegue y la altura máxima.

Tiempo de subida

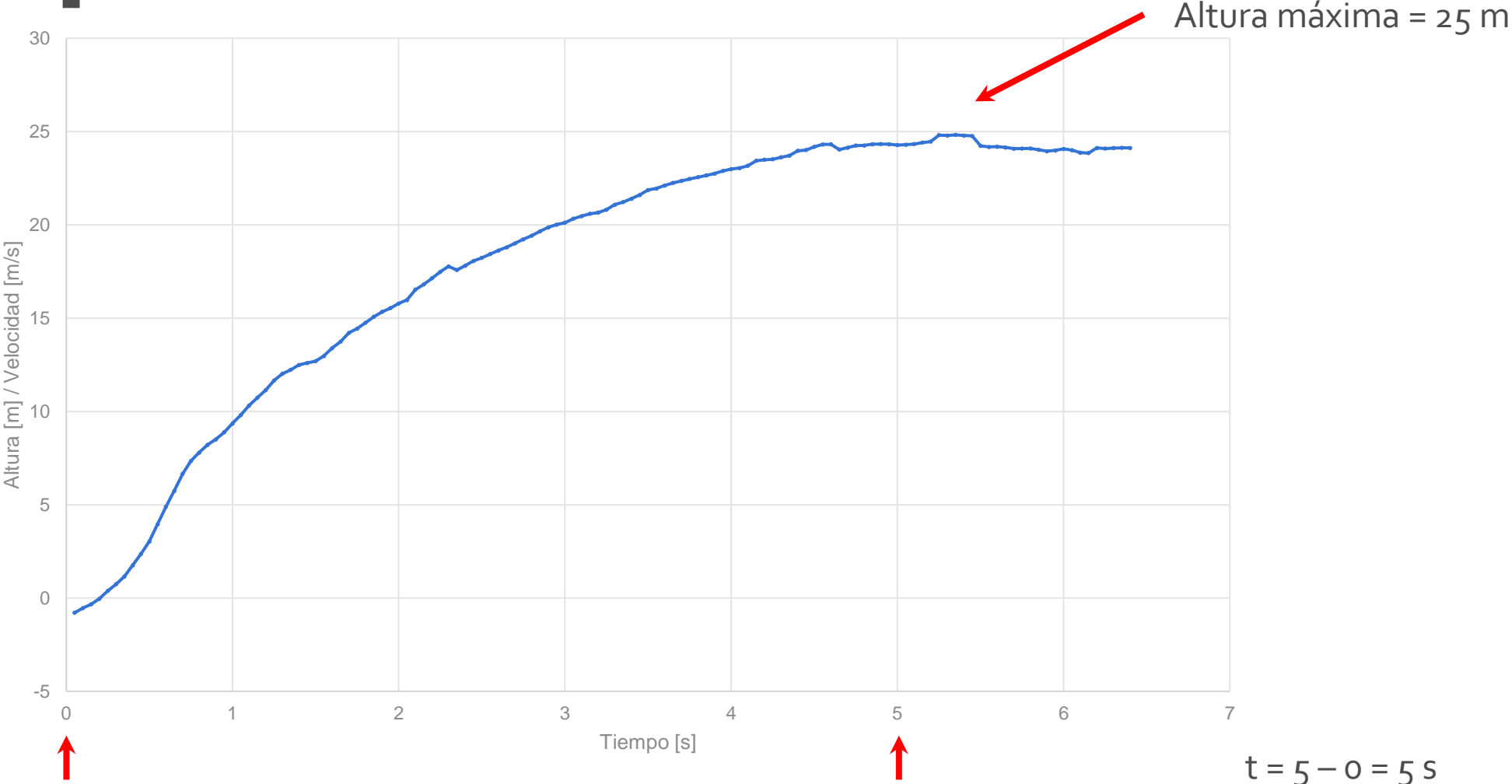


Tiempo de subida



$$t = 5 - 0 = 5 \text{ s}$$

Tiempo de subida



Tiempo de vuelo

Calculo de la altura alcanzada por el cohete

$$\text{Altura} = 1,23 \times \text{Tiempo}^2$$

Ejemplo práctico:

Tiempo medido 6,3 segundos

$$\text{Altura} = 1,23 \times 6,3^2$$

$$\text{Altura} = 48,70 \text{ metros}$$

Tiempo de vuelo

- Se calcula la velocidad inicial como función del tiempo hasta arriba.

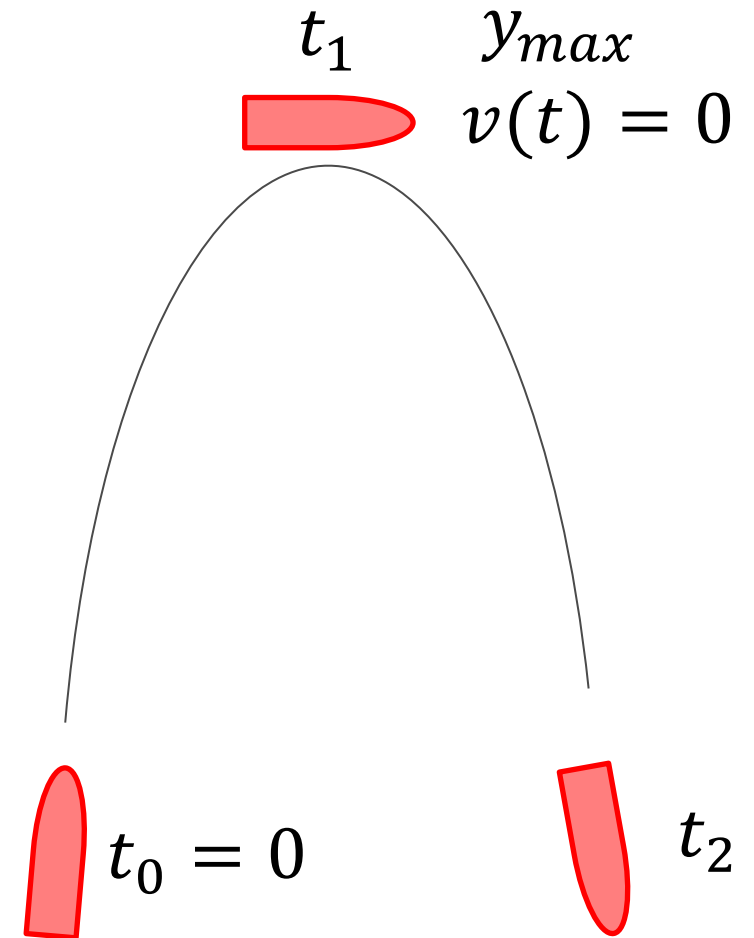
$$v(t) = v_0 - gt \quad \rightarrow \quad v_0 = gt_1$$

- Después se sustituye en la ecuación de la altura.

$$y_{max} = v_0 t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 = \frac{1}{2} g t_1^2$$

- Se sabe que $t_2 = 2t_1$

$$y_{max} = \frac{1}{8} g t_2^2 \approx 1.23 t^2$$

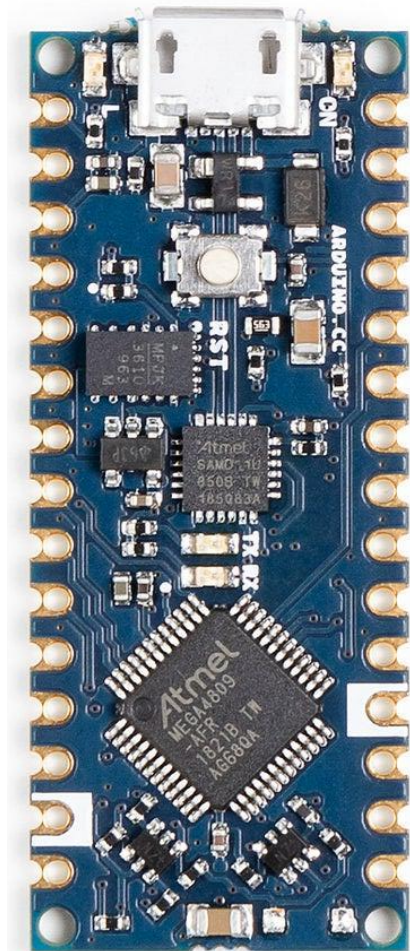


Material necesario

- Arduino Nano o similar
- Sensor de presión BMP180
- Módulo Bluetooth HC-05: Para comunicarse con el Arduino.
- Batería LIPO 650mAh
- Cables
- Soldador de estaño

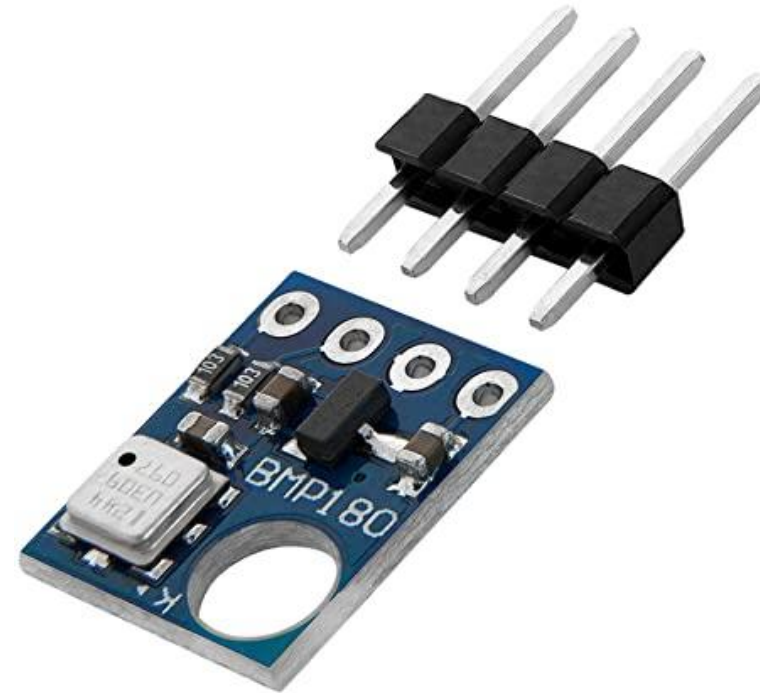
Arduino Nano o similar

- Microcontrolador: ATmega328P
- Voltaje operación: 5V
- Memoria flash (programa): 32kB
- EEPROM (datos vuelo): 1kB
- 22 entradas/salidas digitales
- 6 salidas analógicas (PWM) / 8 entradas analógicas
- I²C, SPI...



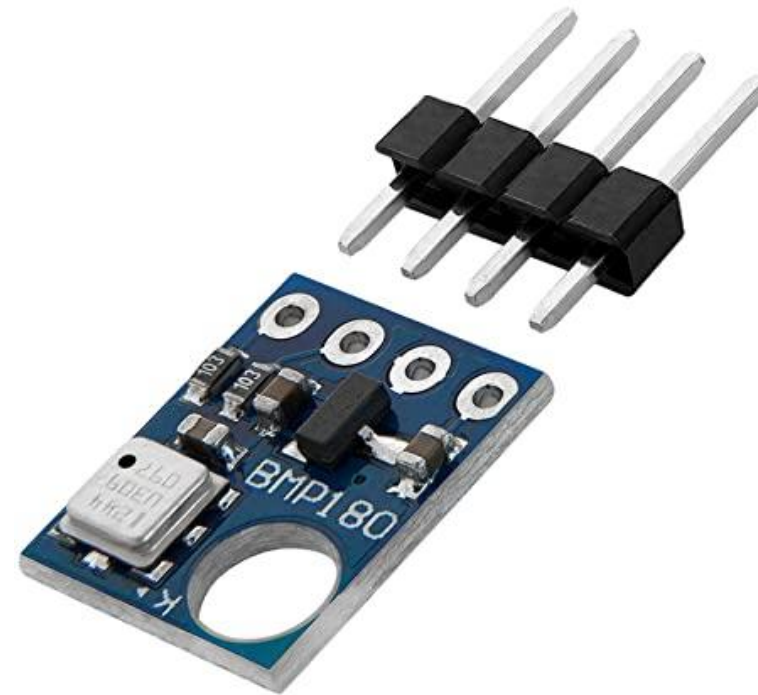
Material necesario

- Arduino Nano o similar
- Sensor de presión BMP180
- Módulo Bluetooth HC-05
- Batería LIPO 650mAh
- Cables
- Soldador de estaño



Sensor BMP180

- Rango de medición: 300 a 1100hPa
- Precisión absoluta: 2hPa
- Precisión relativa: 0,12hPA
- Voltaje: 1,8 y 3,6 V
- Temperatura: -40°C/85°C
- Comunicación: I2C & SPI



Material necesario

- Arduino Nano o similar
- Sensor de presión BMP180
- Módulo Bluetooth HC-05
- Batería LIPO 650mAh
- Cables
- Soldador de estaño

Opciones para obtener los datos

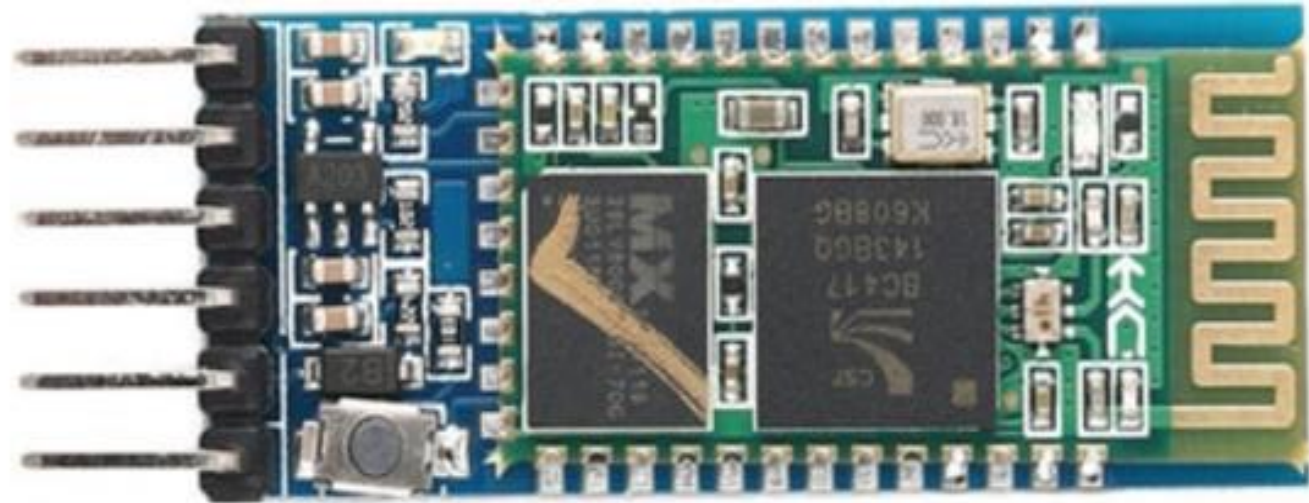
- Tarjeta SD: Muy poco control sobre el Arduino.
- WI-FI: Elevado consumo eléctrico.
- Bluetooth: Sencillo de usar con el móvil.
- Con cable: Se necesita un ordenador cerca para extraer los datos.

Bluetooth

- Es una tecnología inalámbrica destinada a facilitar las conexiones entre dispositivos.
 - Corta distancia.
 - Puede enviar audios, imágenes...
 - Más inseguro que el WIFI.
 - 2,4GHz

Módulo Bluetooth HC-06

- Alimentación: 3,6 – 6V
- Comunicación: Puerto Serie.
 - Rx: Receive
 - Tx: Transmit
- Coste reducido



Material necesario

- Arduino Nano o similar
- Sensor de presión BMP180
- Módulo Bluetooth HC-05
- Batería LIPO 650mAh
- Cables
- Soldador de estaño



Material necesario

- Arduino Nano o similar
- Sensor de presión BMP180
- Módulo Bluetooth HC-05
- Batería LIPO 650mAh
- Cables
- Soldador de estaño



Material necesario

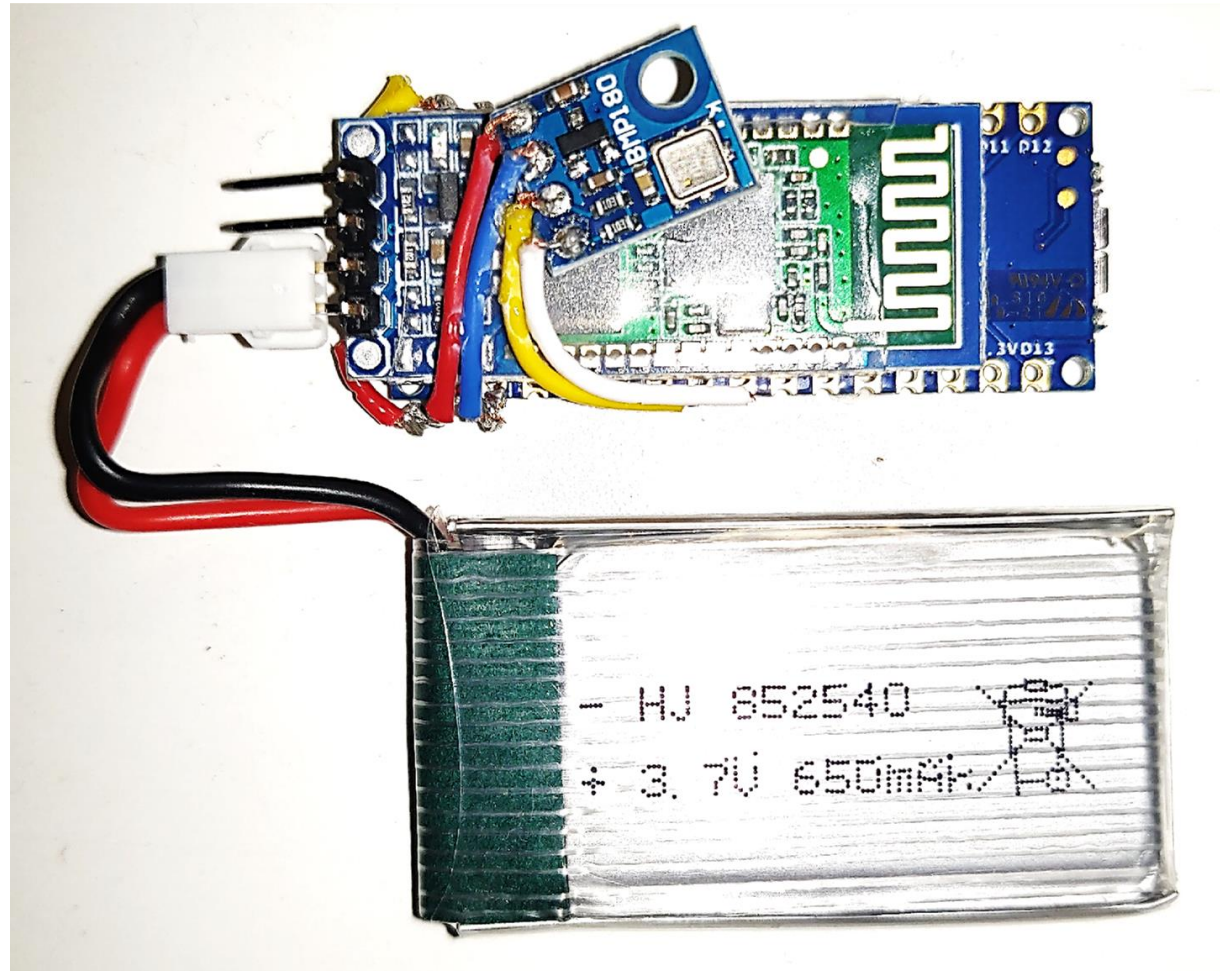
- Arduino Nano o similar
- Sensor de presión BMP180
- Módulo Bluetooth HC-05
- Batería LIPO 650mAh
- Cables
- Soldador de estaño

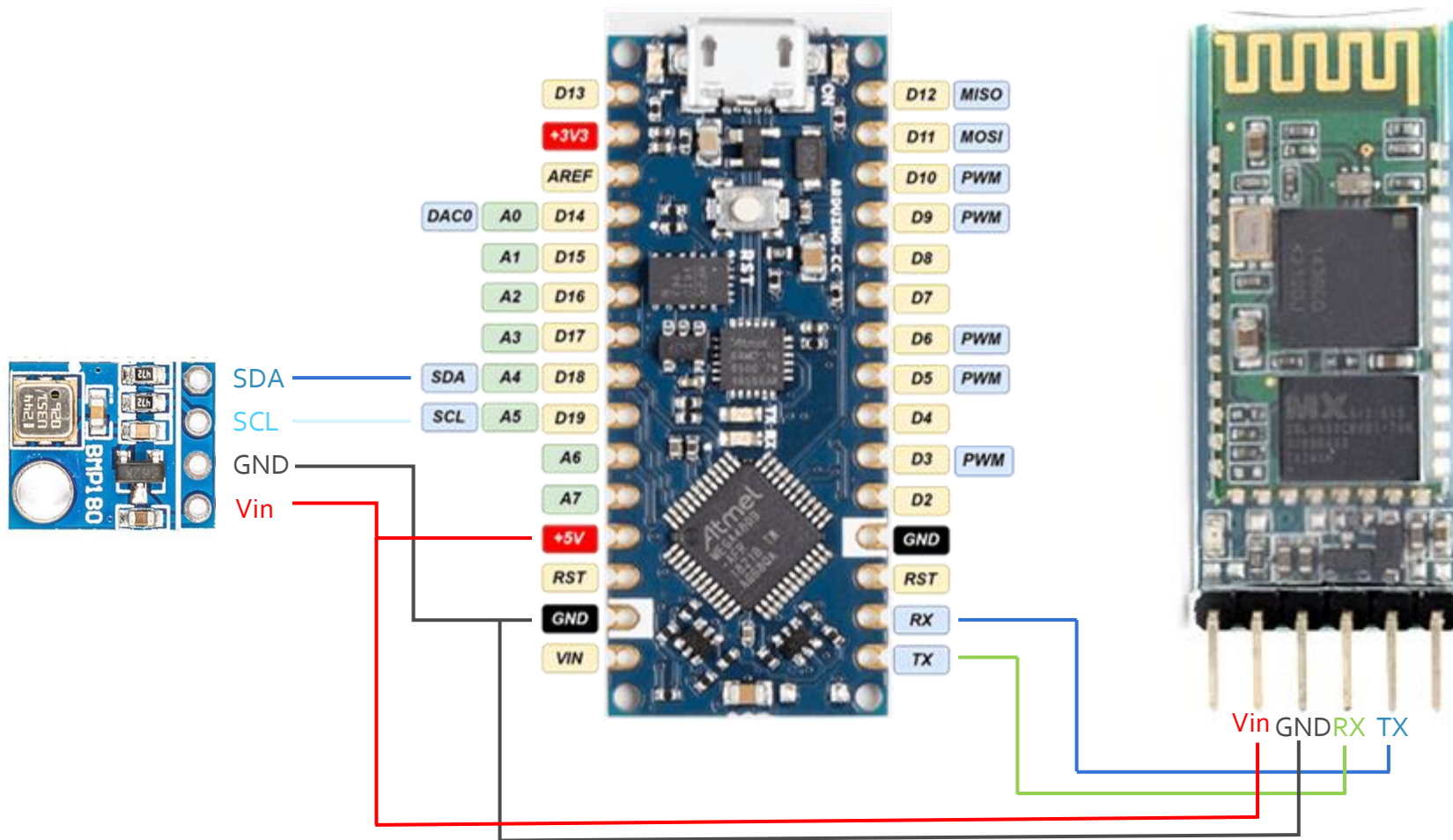


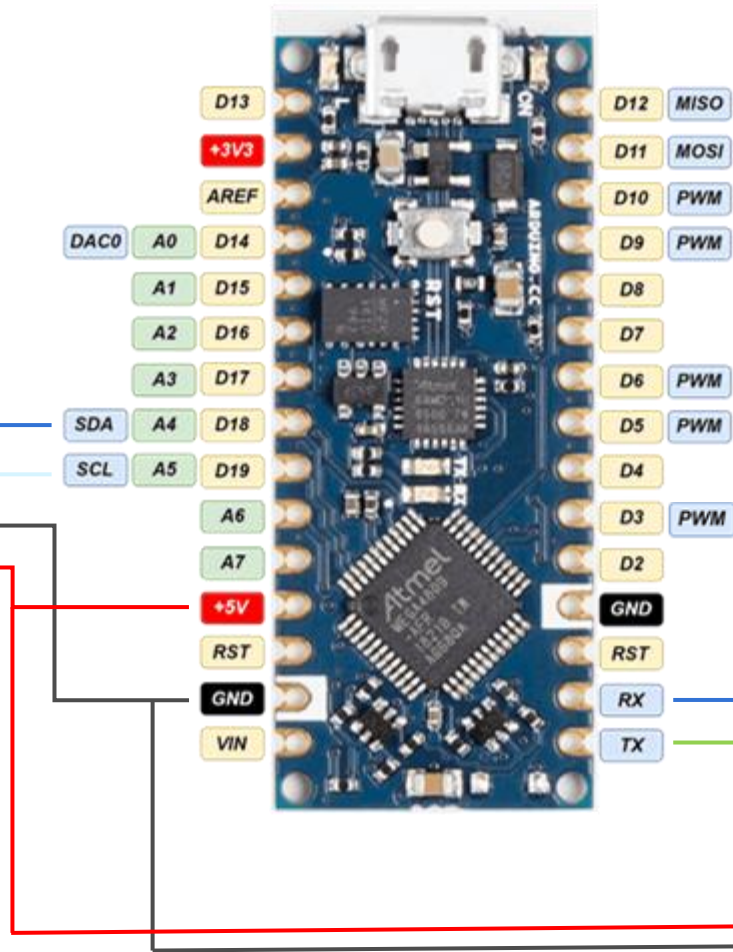
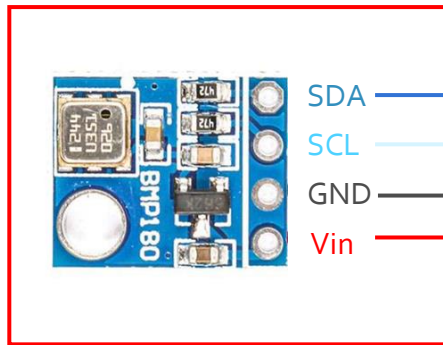
Montaje

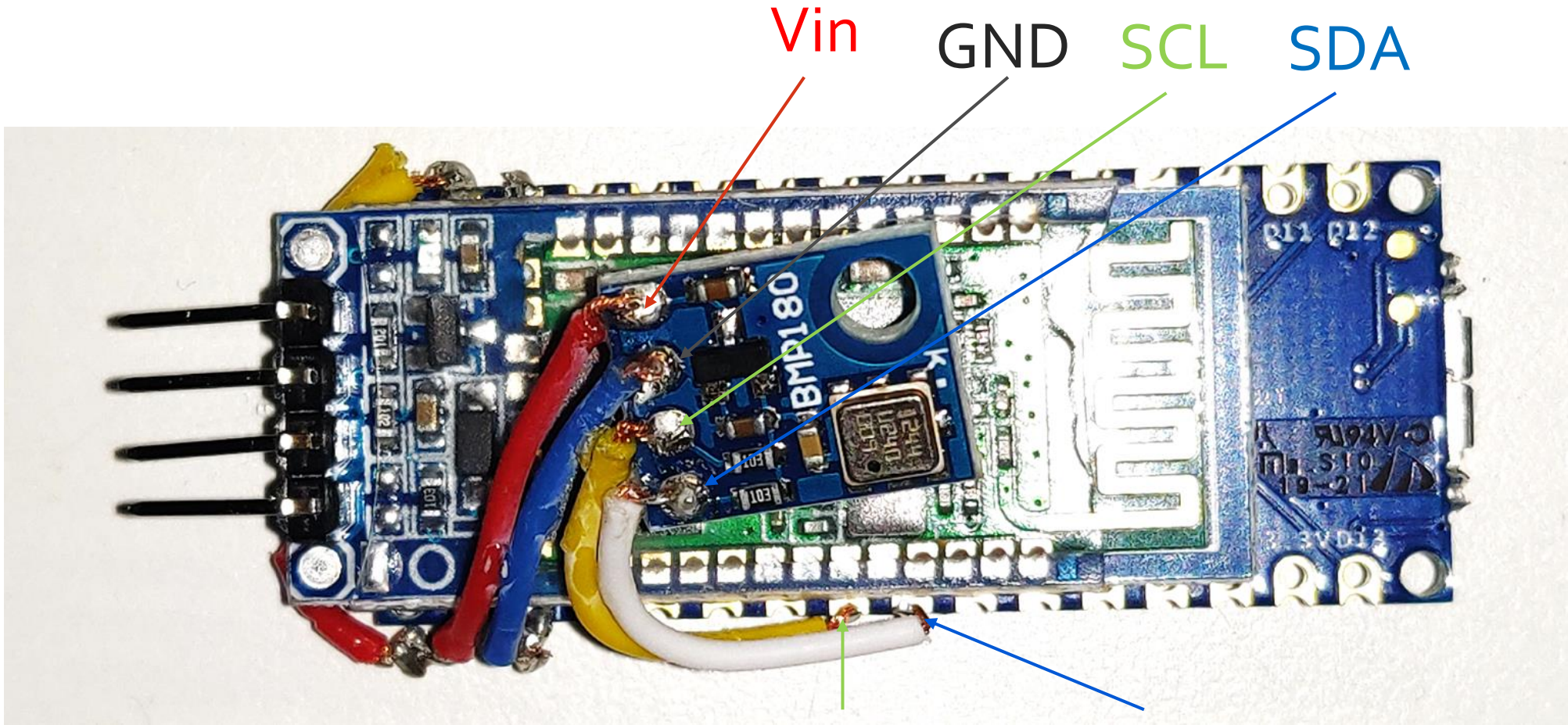


Cohetes de agua como recurso educativo: desde la motivación científicotecnológica hasta la participación en un concurso

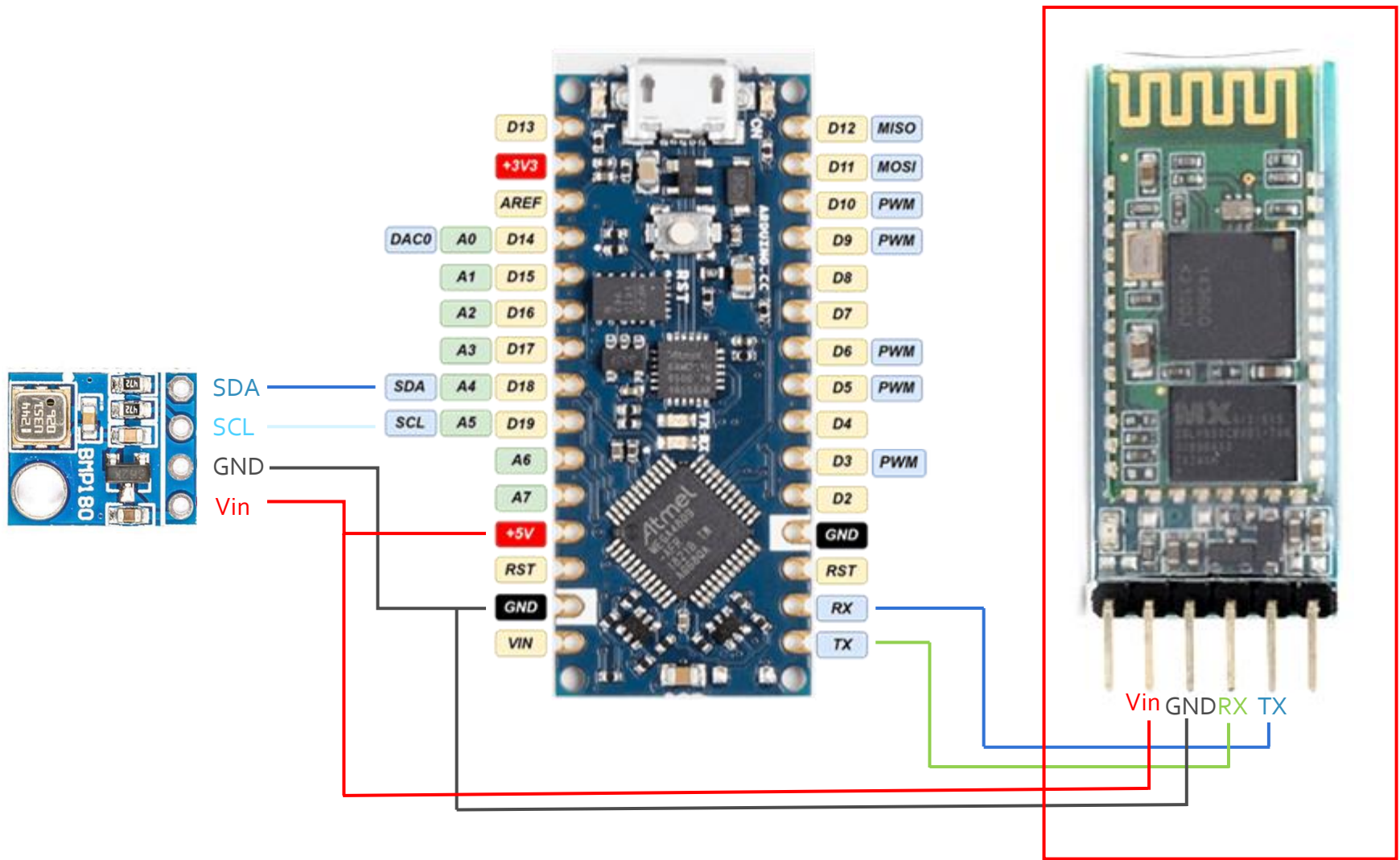




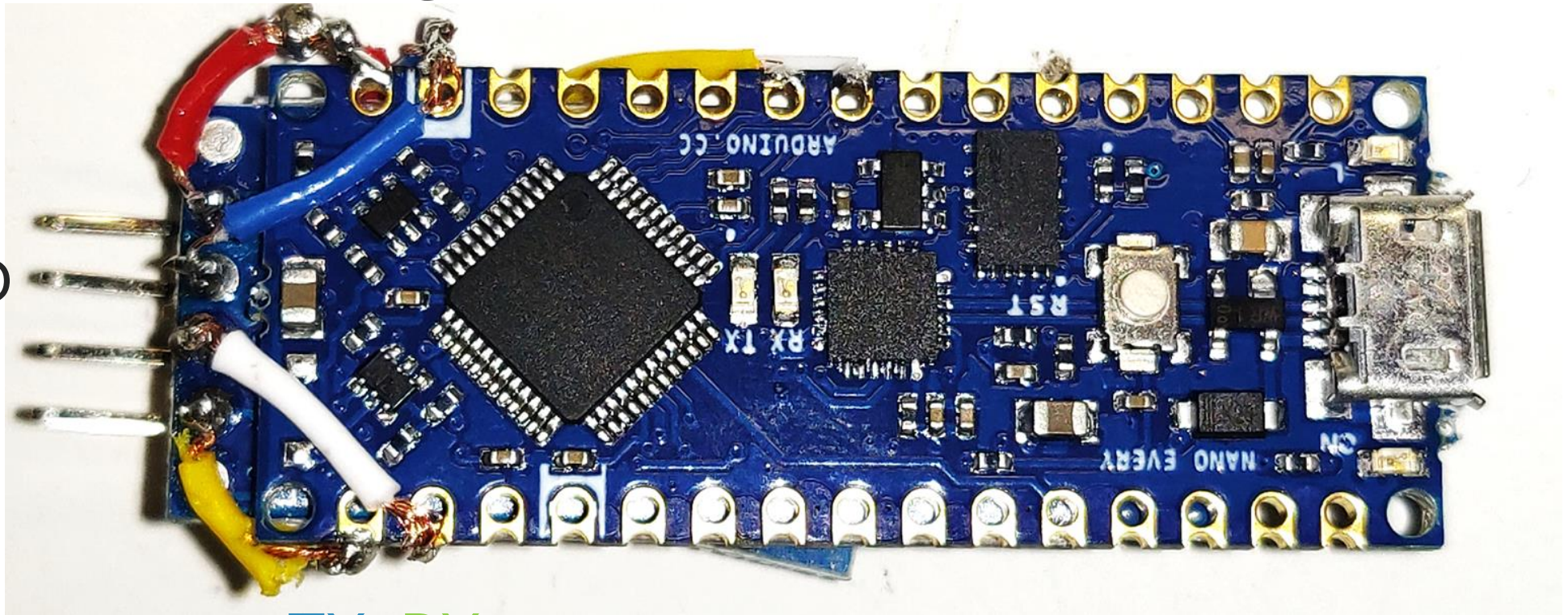




3,7V GND A5 (SCL) A4 (SDA)

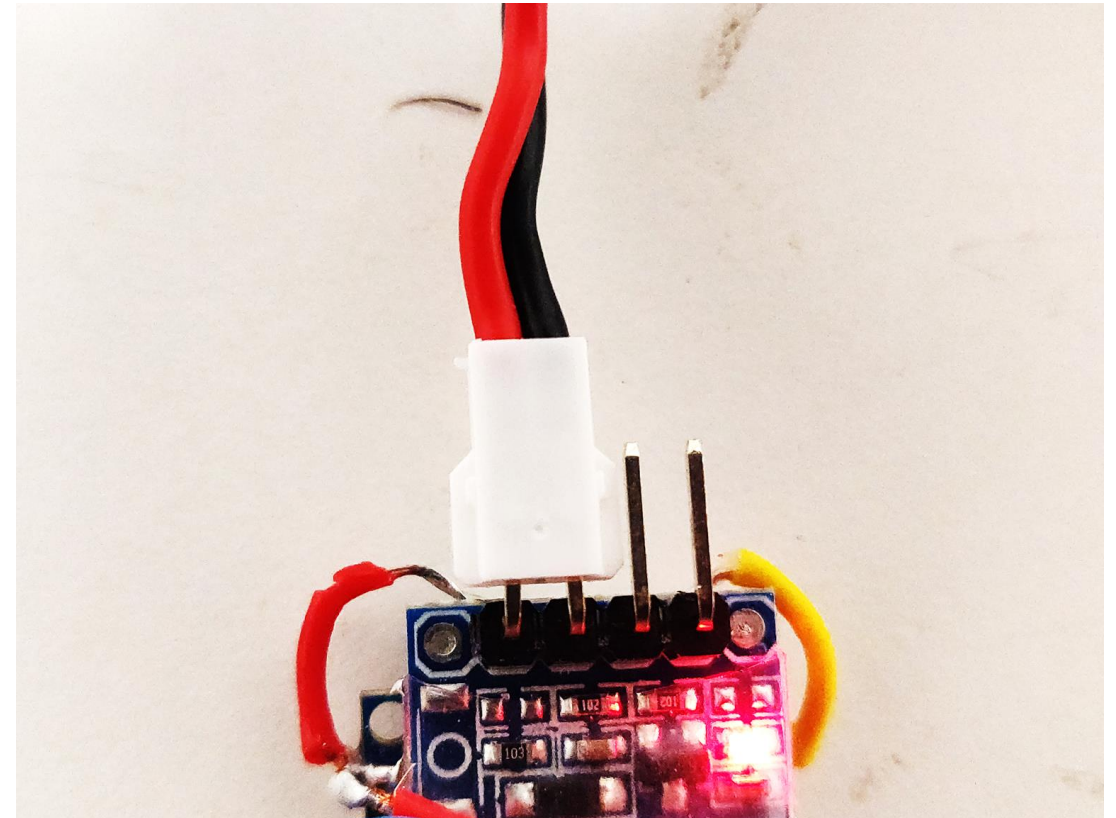


Vin GND
Vin
GND
TX
RX
TX RX



Alimentación microcontrolador

- No podemos soldar la batería, ya que no podríamos apagar el Arduino.
- Añadir un interruptor, añadiría peso y espacio. Además de una posible desconexión con el vuelo del cohete.
- Así que lo que haremos es conectar la batería al Bluetooth aprovechando los pines que vienen soldados de serie.



Alimentación microcontrolador

- No podemos soldar la batería, ya que no podríamos apagar el Arduino.
- Añadir un interruptor, añadiría peso y espacio. Además de una posible desconexión con el vuelo del cohete.
- Así que lo que haremos es conectar la batería al Bluetooth aprovechando los pines que vienen soldados de serie.

¡Cuidado! El polo positivo de la pila, debe ir conectado a Vcc.



Alimentación microcontrolador

- Se han soldado cables de Arduino para evitar errores (Conectores DuPont).
- Aun así, está el riesgo de conectar positivo y negativo de la batería.

¡¡CUIDADO!!

[Vídeo](#)



Protección del microcontrolador

- Necesitamos proteger el microcontrolador de golpes por si falla el paracaídas o aunque este no falle, sigue habiendo un golpe que podría ocasionar daños al microcontrolador.
- Para ello se han buscado dos espumas, para encapsular el microcontrolador dentro de estas.

Protección del microcontrolador



Protección del Arduino

- En estas espumas se ha recortado la forma adecuada para que el microcontrolador pueda introducirse. Con un cúter o cualquier otra herramienta cortante.
- Hay que asegurar que del golpe no se pulse el botón de reset, creando una cavidad para este botón.
- Una solución interesante es guardar los datos en la EEPROM para así no perder los datos en caso de reinicio o apagado por el golpe.

Subir programa al microcontrolador

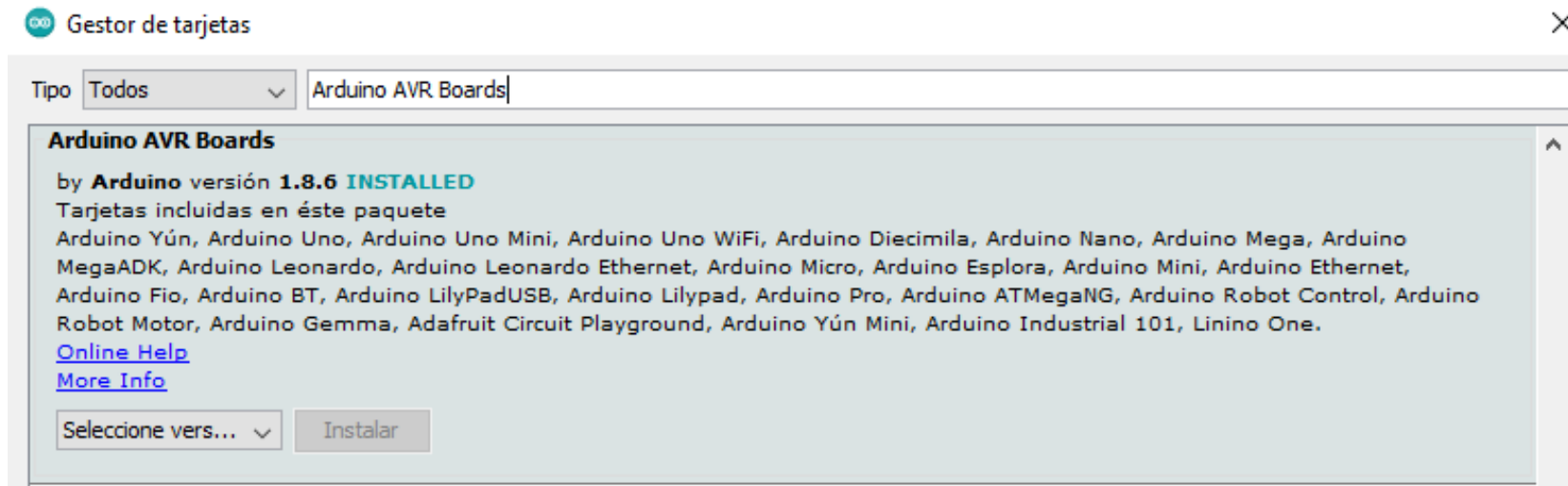
- Descargar IDE de Arduino 1.8, es gratis y sencilla de instalar.
 - Link: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- Si el microcontrolador no es Arduino es posible que se deba instalar los driver CH340, para programar este microcontrolador
- Descargar carpeta con el programa que vamos a introducir en microcontrolador, estará en la web de Water Rockets.
- Abrir IDE Arduino, y clicar en abrir.
 - *Archivo>Abrir>“Seleccionar el archivo programa.ino que se encuentra en la carpeta que hemos descargado de la web con el material de Water Rockets.”*

Subir programa al microcontrolador

- La tarjeta Arduino Nano (o similar) debe venir instalado de serie en el software de Arduino, en el caso de que no, se debe instalar.

Herramientas > Placa: > Gestor de tarjetas

- Buscamos “Arduino AVR Boards” y le damos a instalar.



Subir programa al microcontrolador

- Seleccionamos placa Arduino.

Herramientas > Placa: > Arduino AVR Boards > Arduino Nano

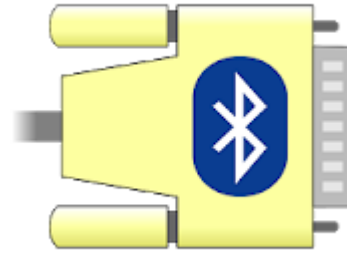
- Es posible que dependiendo del microcontrolador se deba cambiar el procesador.

Herramientas>Procesador

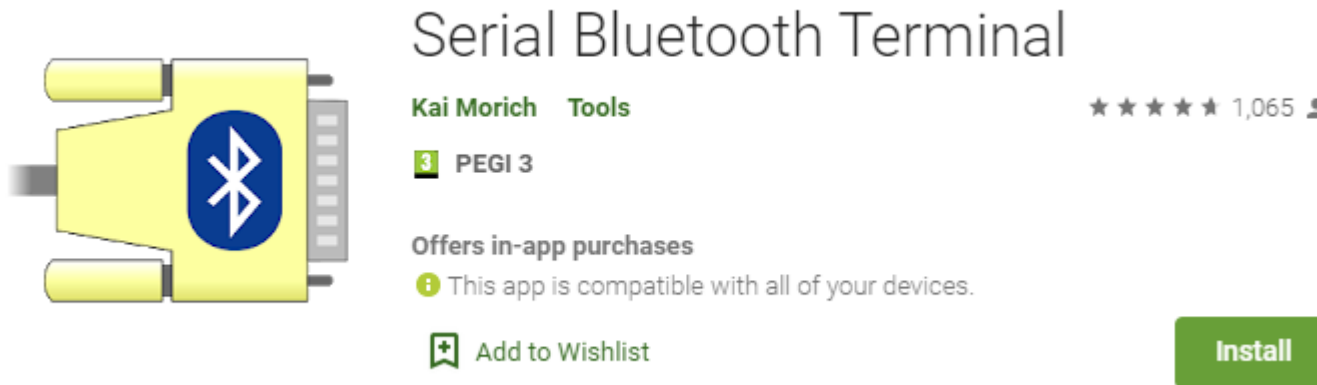
Subir programa al Arduino

- Conectamos Arduino con un cable USB de cargar el movil.
- Ahora seleccionamos el puerto:
Herramientas > Puerto
- Debemos seleccionar el puerto que entre paréntesis ponga: (Arduino Nano). Si no pone nada podemos observar los puertos COM y ver cual aparece al conectar el Arduino.
- Subir programa.
Programa > Subir

Programa móvil



- Descargar Play Store: "Serial Bluetooth Terminal" de Kai Morich



Serial Bluetooth Terminal

Kai Morich Tools

★★★★★ 1,065

PEGI 3

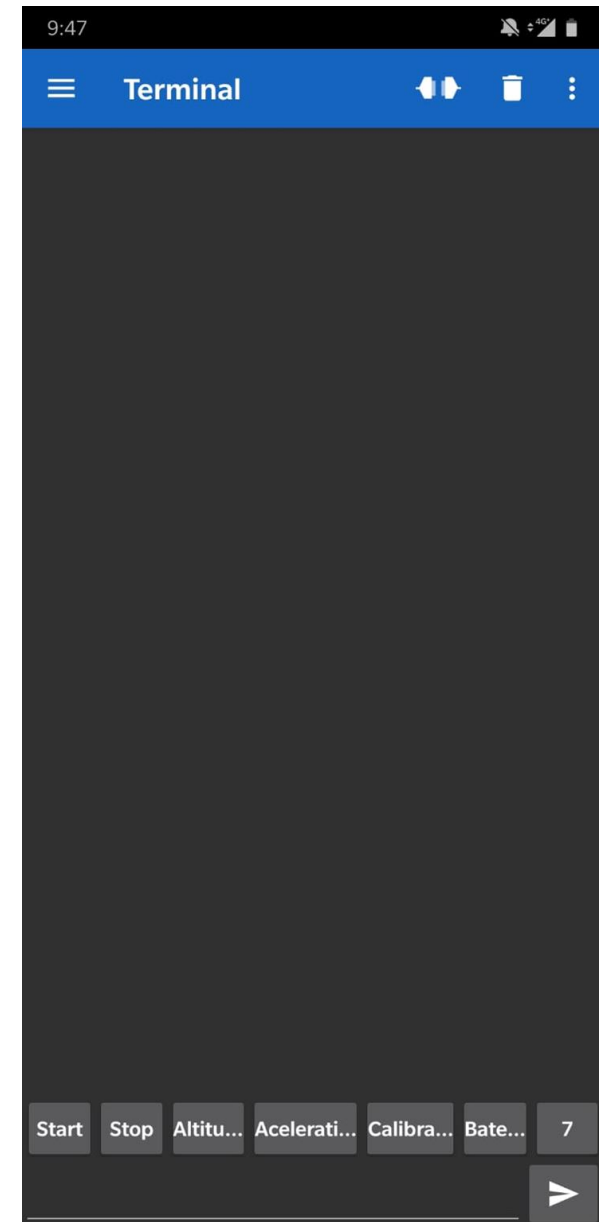
Offers in-app purchases

This app is compatible with all of your devices.

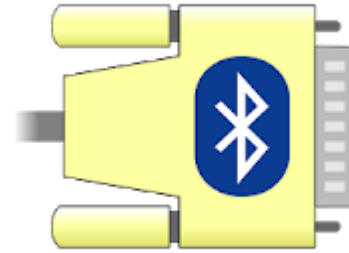
Add to Wishlist

Install

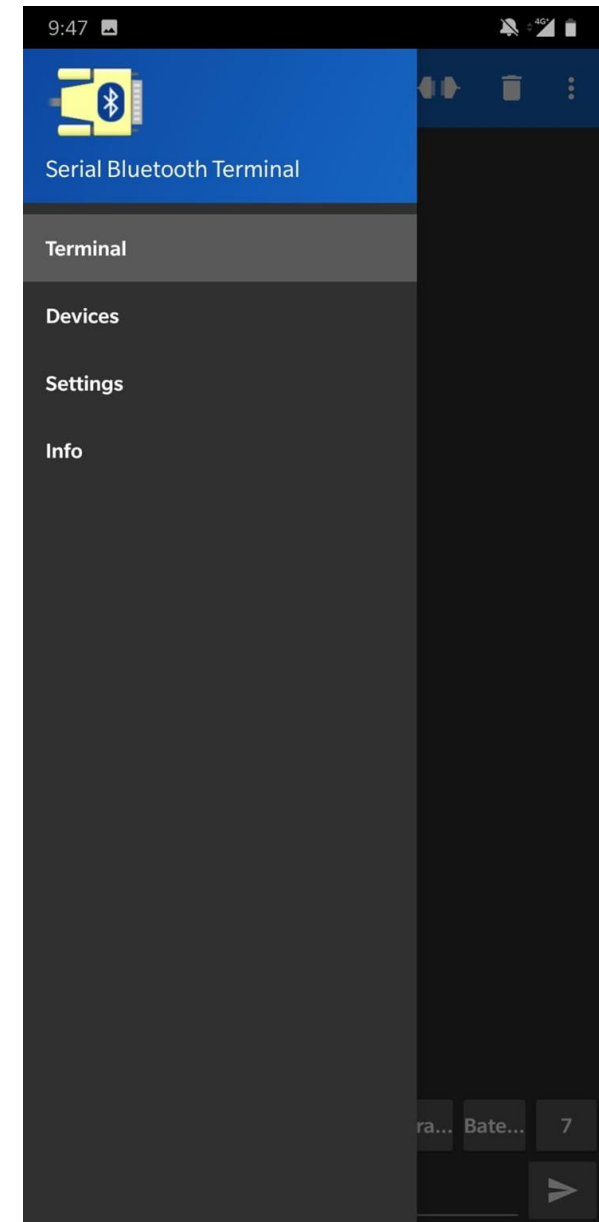
- Pulsamos el icono 



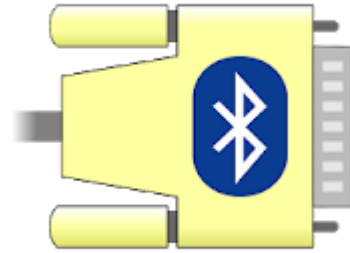
Programa móvil



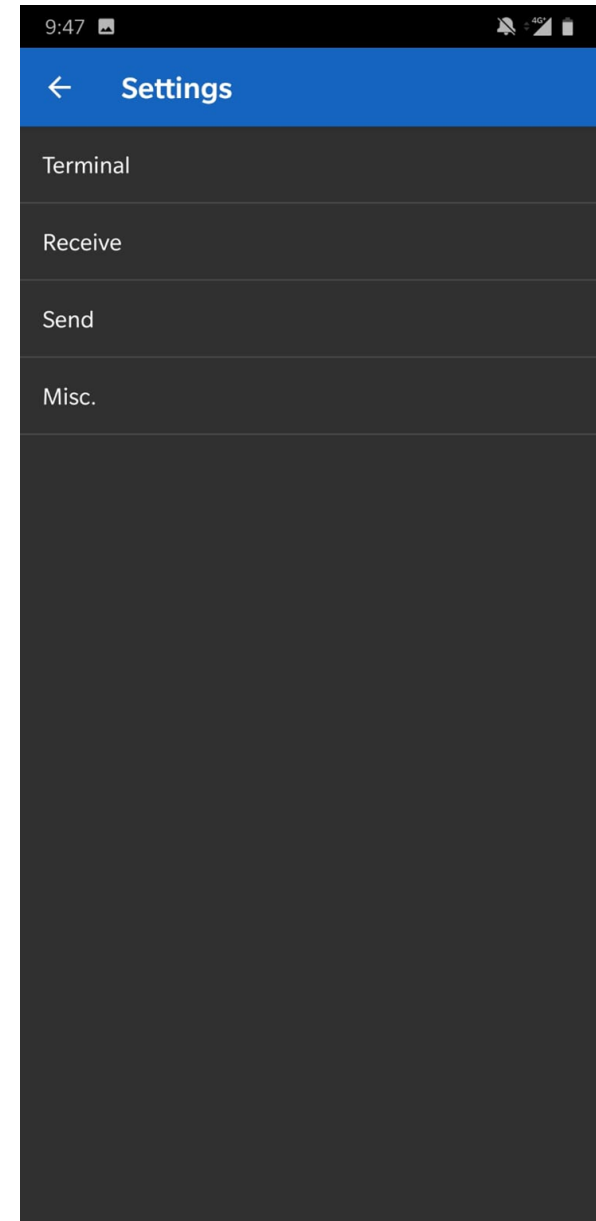
- Pulsamos "Settings"



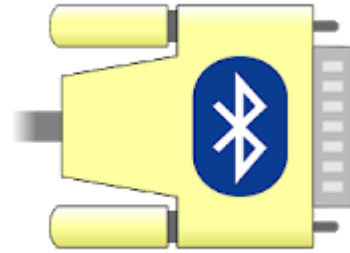
Programa móvil



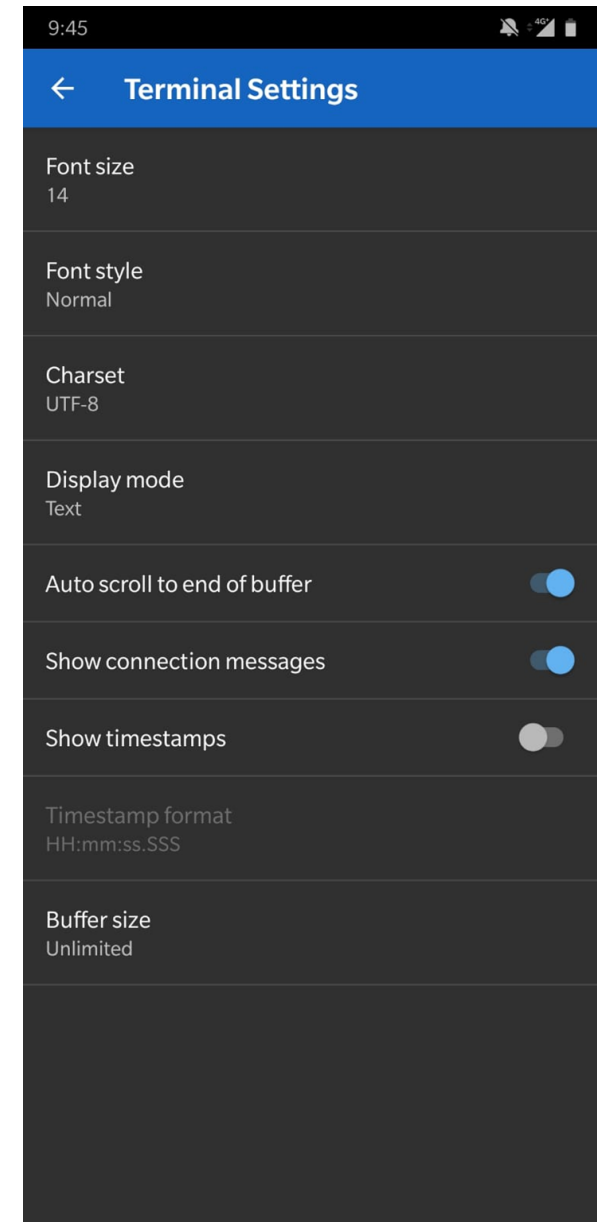
- Pulsamos "Settings"
- Comprobamos que Terminal, Receive, Send y Misc. estén igual configurados



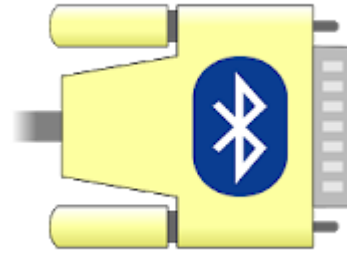
Programa móvil



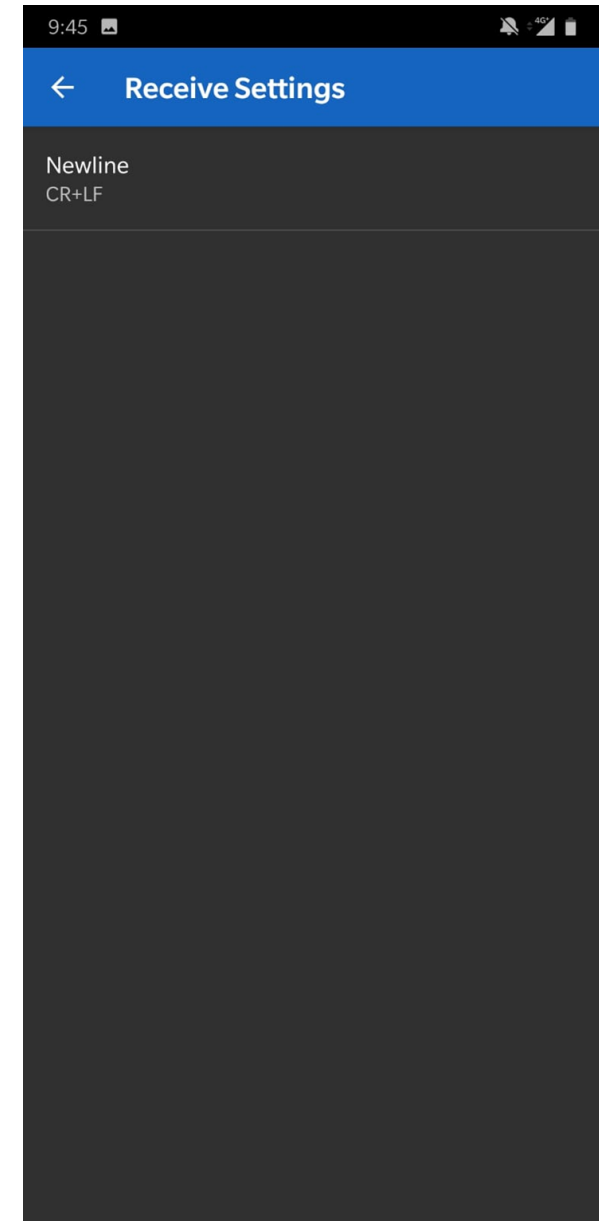
- Pulsamos “Settings”
- Comprobamos que Terminal, Receive, Send y Misc. estén igual configurados en la imagen y en el móvil. Es decir que vuestro móvil ponga lo mismo que en las imágenes de la derecha.



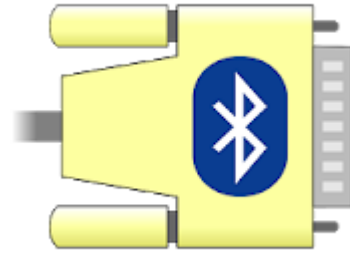
Programa móvil



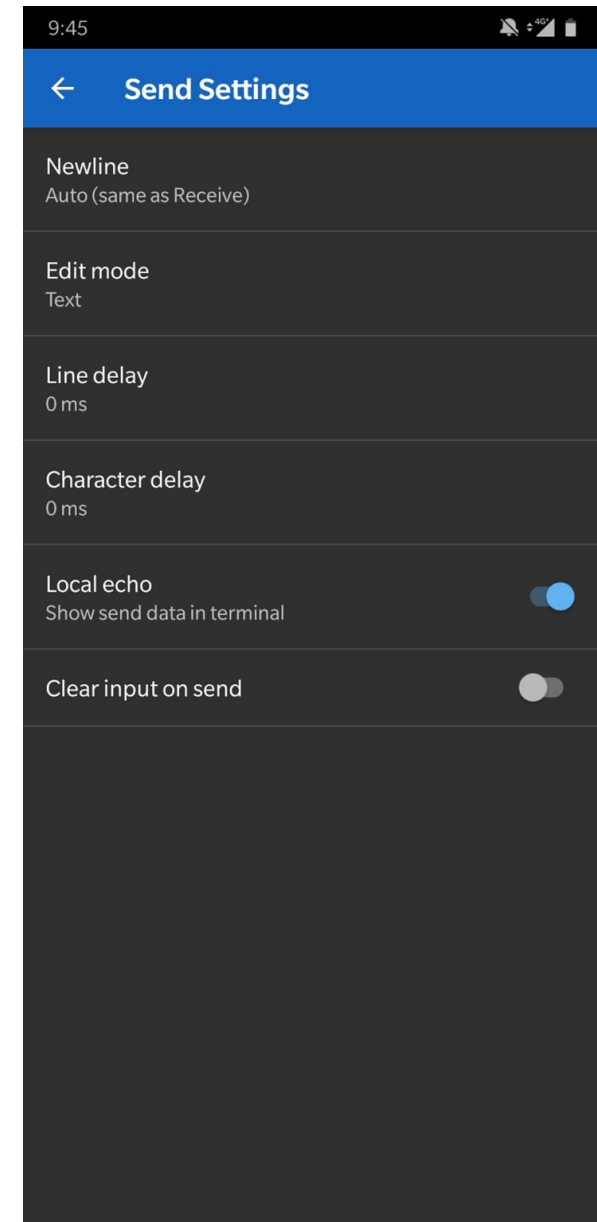
- Pulsamos "Settings"
- Comprobamos que Terminal, Receive, Send y Misc. estén igual configurados en la imagen y en el móvil. Es decir que vuestro móvil ponga lo mismo que en las imágenes de la derecha.



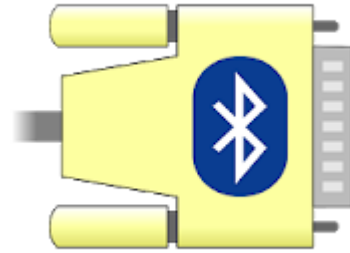
Programa móvil



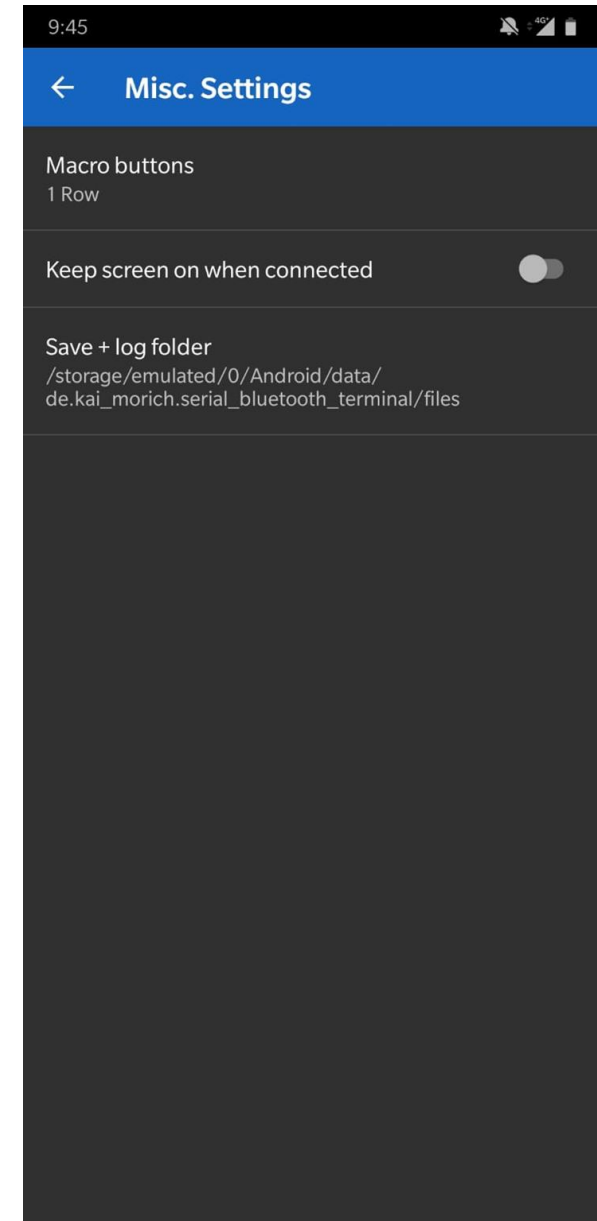
- Pulsamos "Settings"
- Comprobamos que Terminal, Receive, Send y Misc. estén igual configurados en la imagen y en el móvil. Es decir que en vuestro móvil ponga lo mismo que en las imágenes de la derecha.



Programa móvil



- Pulsamos "Settings"
- Comprobamos que Terminal, Receive, Send y Misc. estén igual configurados en la imagen y en el móvil. Es decir que vuestro móvil ponga lo mismo que en las imágenes de la derecha.



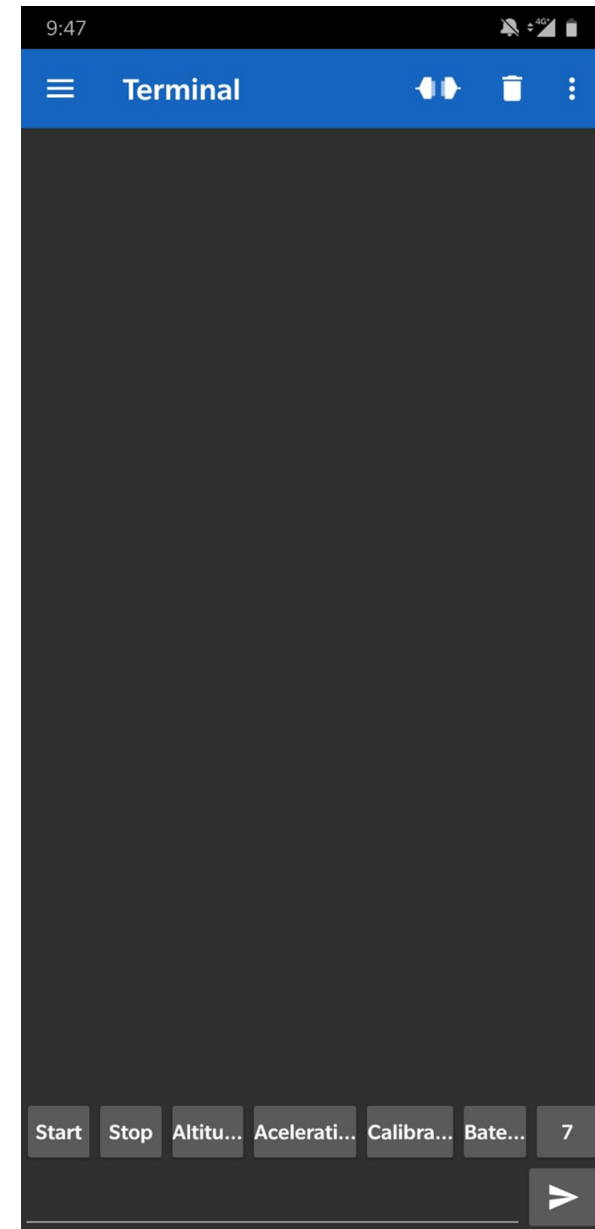
Toma de datos y programa




Cohetes de agua como recurso educativo: desde la motivación científicotecnológica hasta la participación en un concurso

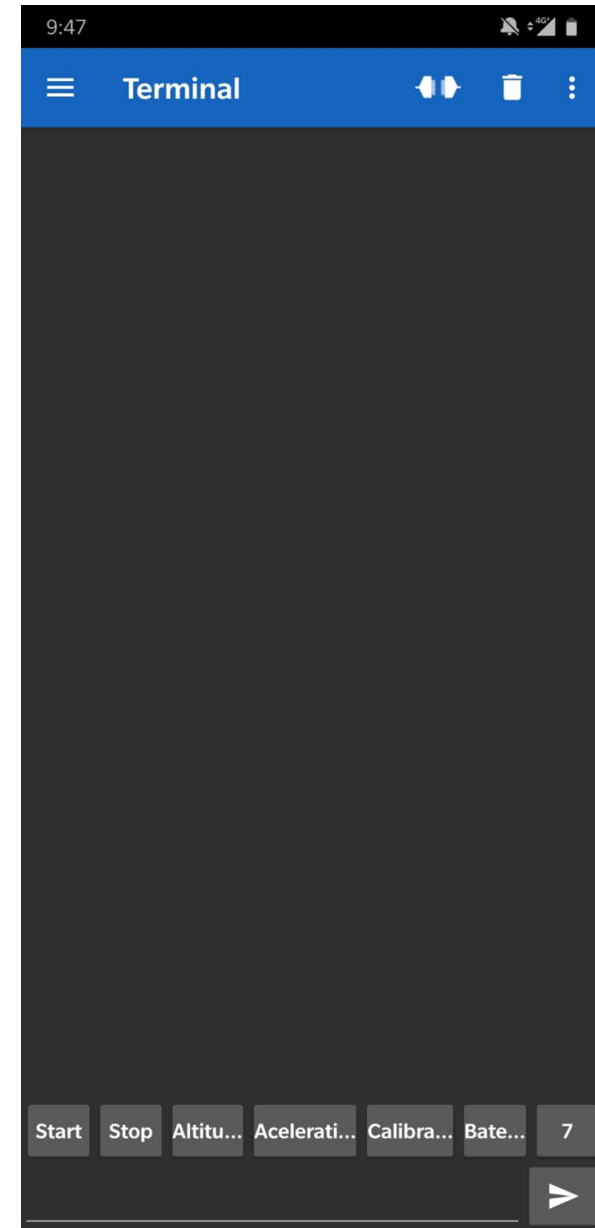
Programa

- Tenemos la terminal.
- Debemos conectarnos al Arduino, lo primero es encender el Arduino conectándole la batería.
- Ahora vinculamos el dispositivo bluetooth al móvil, igual que cualquier aparato bluetooth.
- El nombre que saldrá será HC-06, a no ser que sea otra versión.



Programa

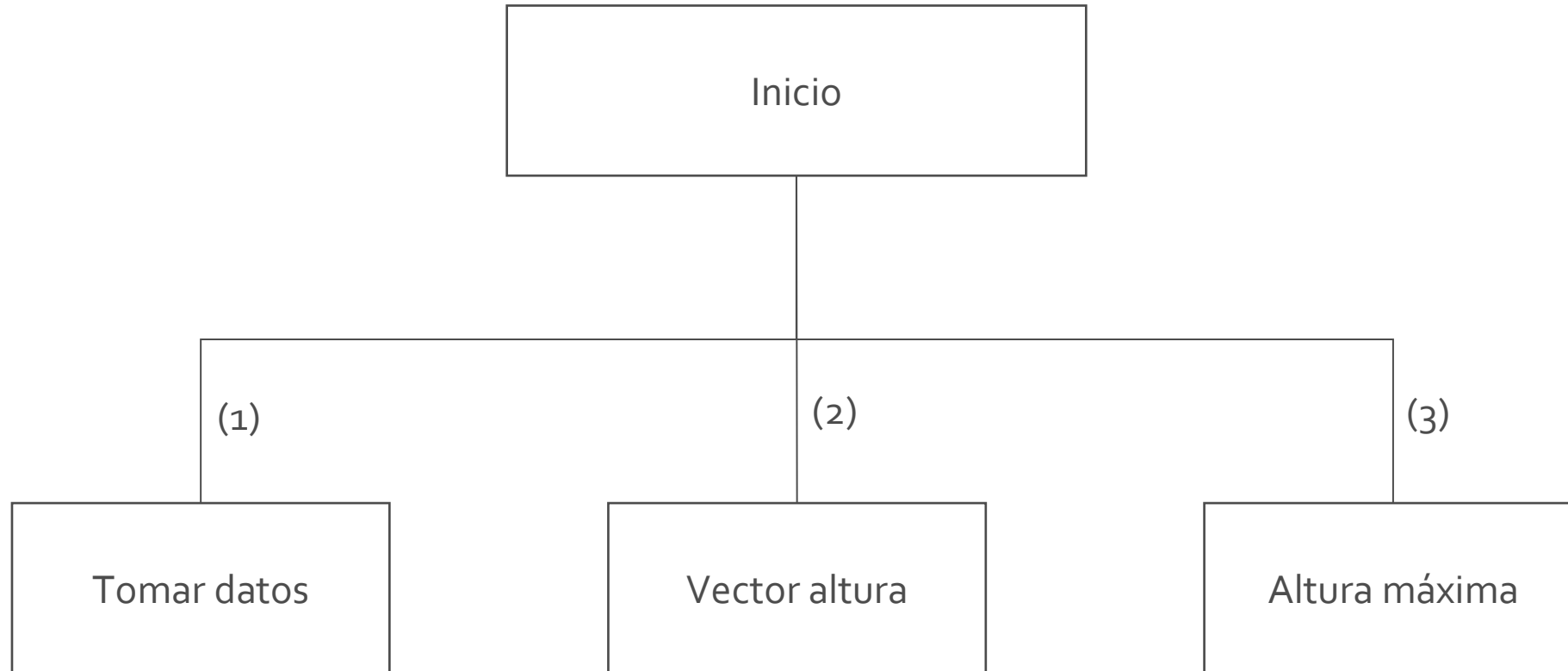
- Al vincular puede pedir un pin, prueba 0000 o 1234.
- Ahora entramos en el programa en la terminal. Pulsamos el botón . Después pulsamos en devices y pulsamos en HC-06.
- El programa nos dirá *Connecting to HC-06...*
- Si se conecta correctamente, nos dirá *Connected*.



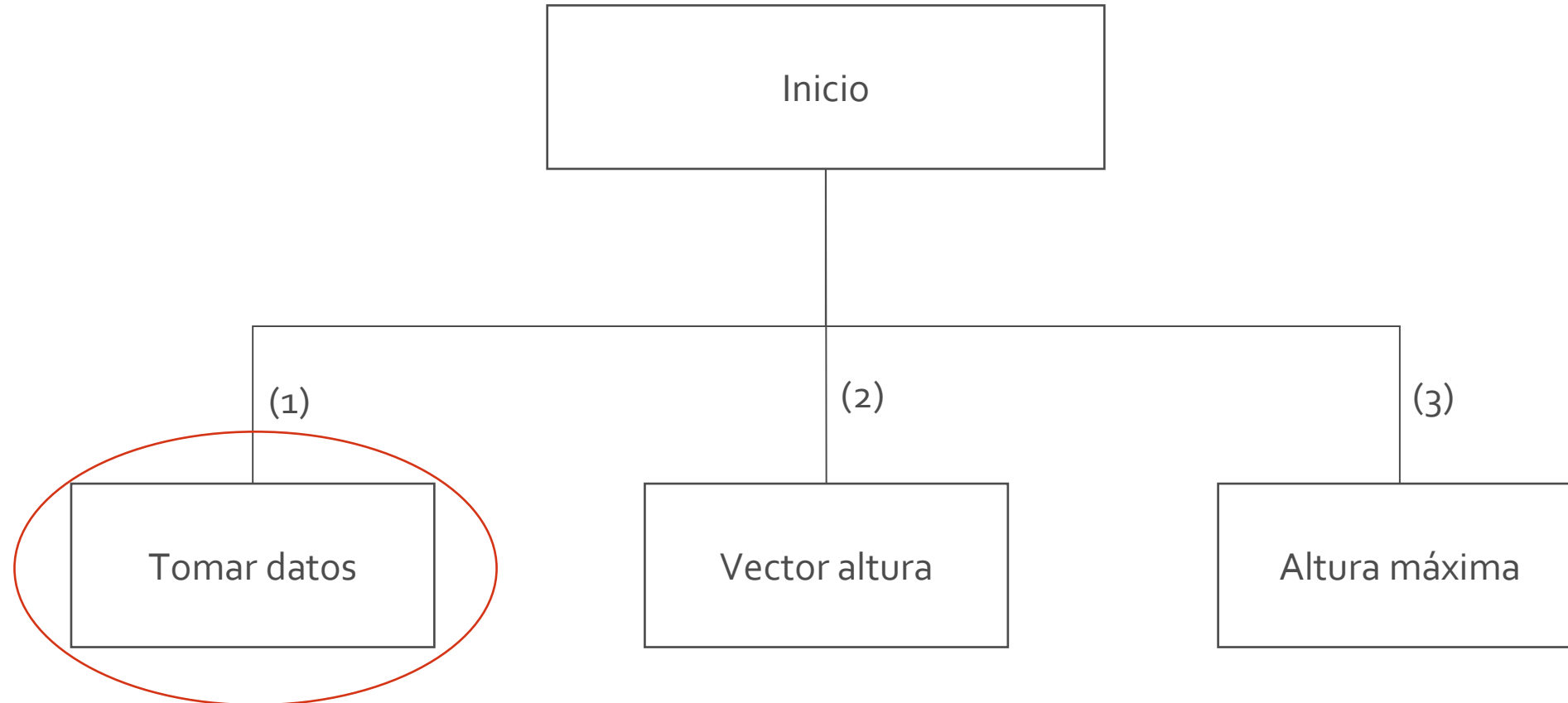
¿Qué hace el programa?

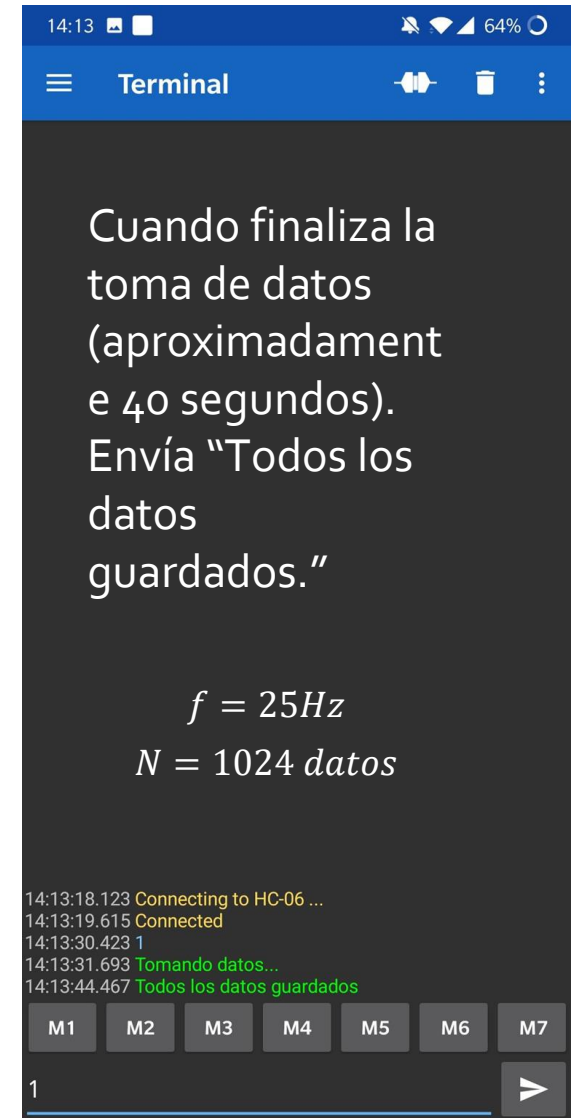
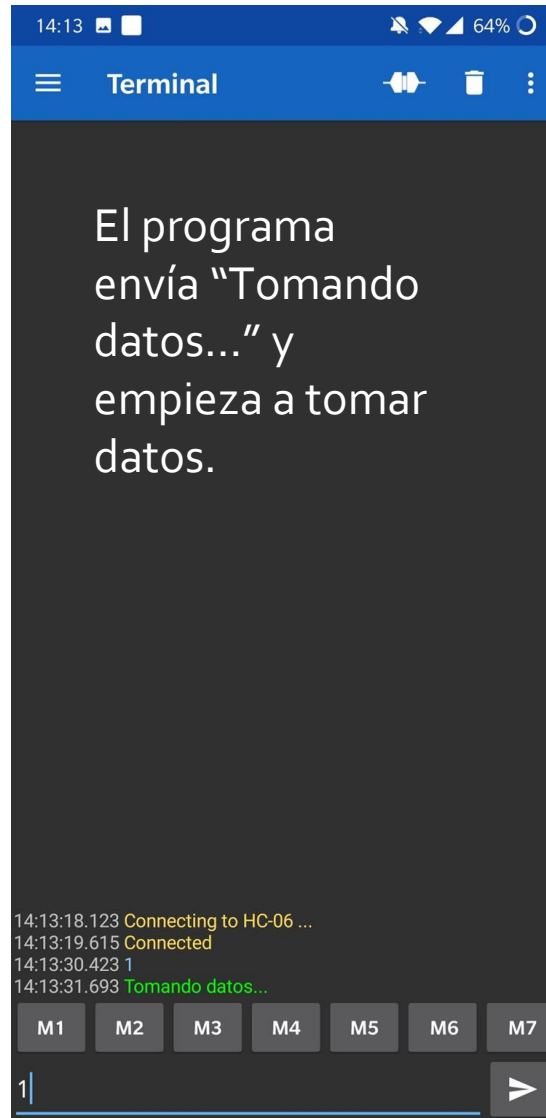
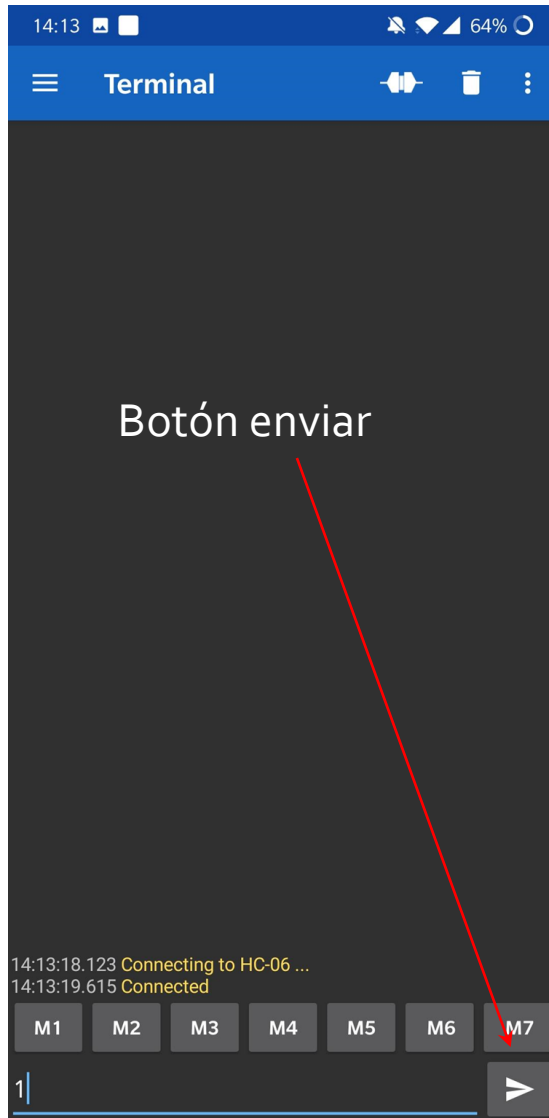
- Tomar datos de altitud.
- Devolver vector de datos de **altitud**.
- Devolver **altitud** máxima.

Partes del programa

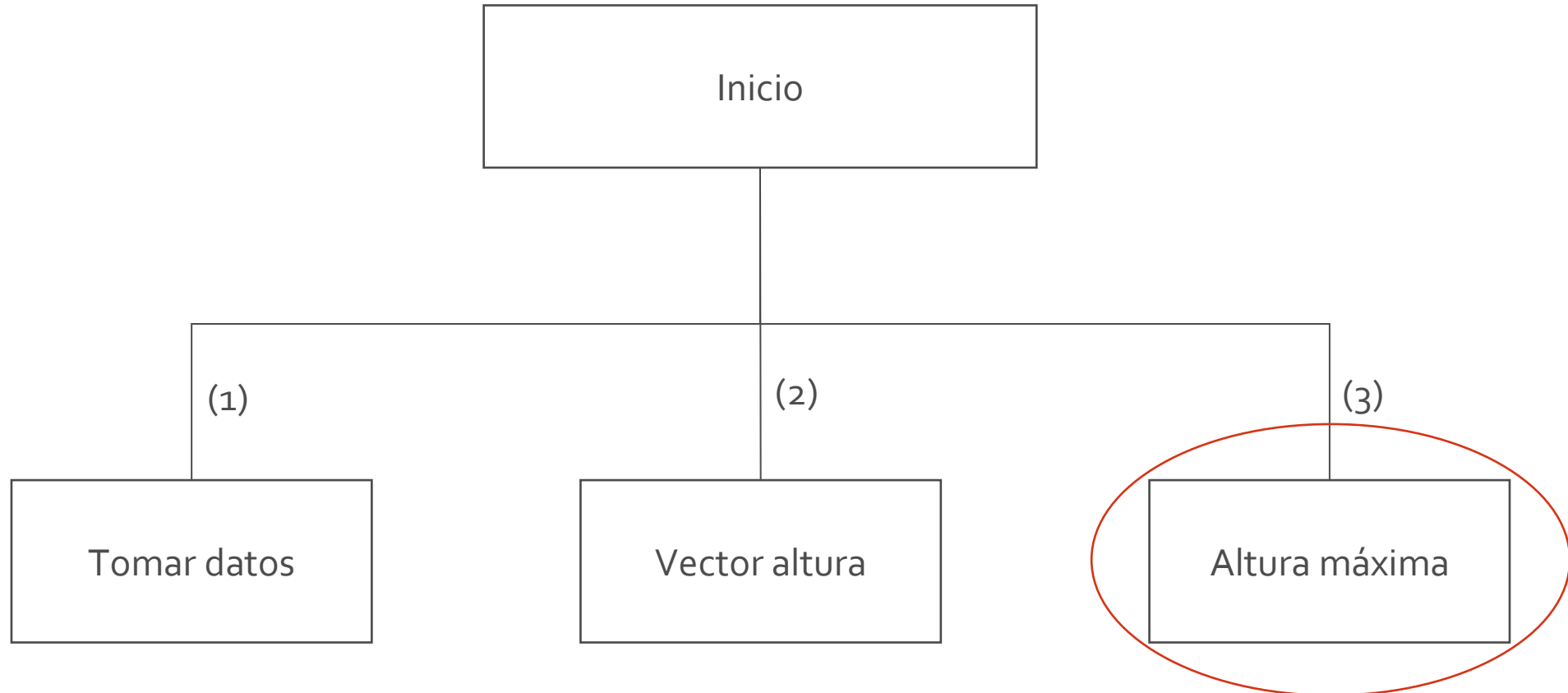


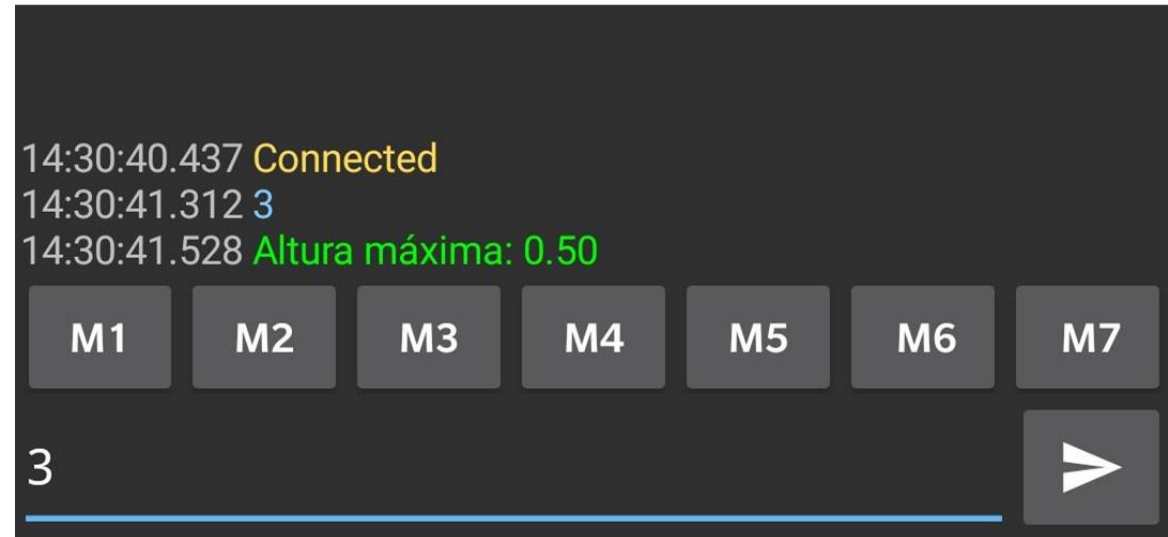
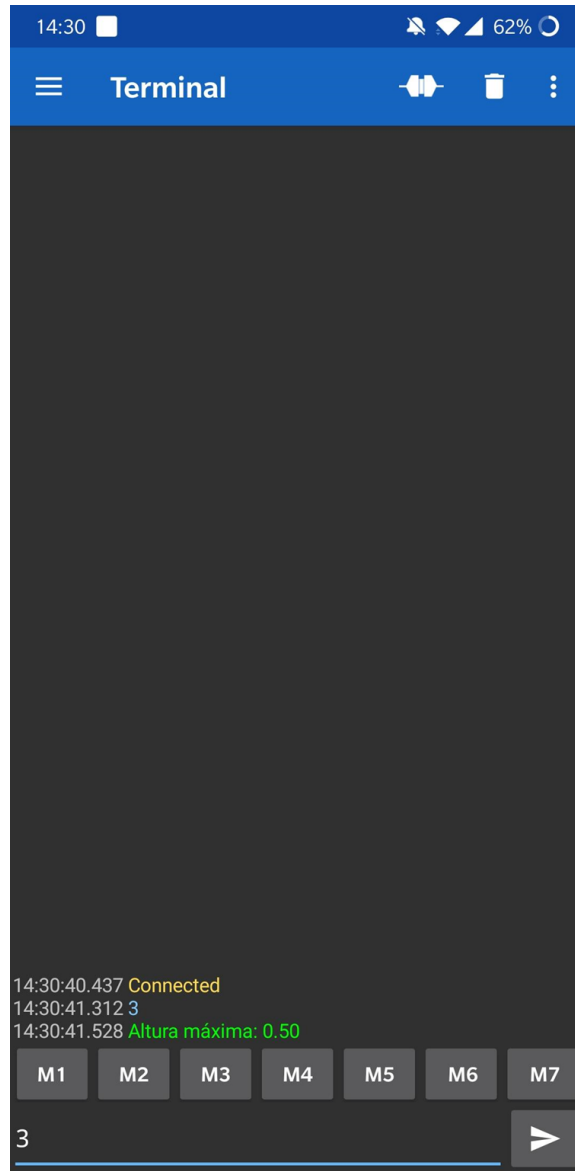
Partes del programa



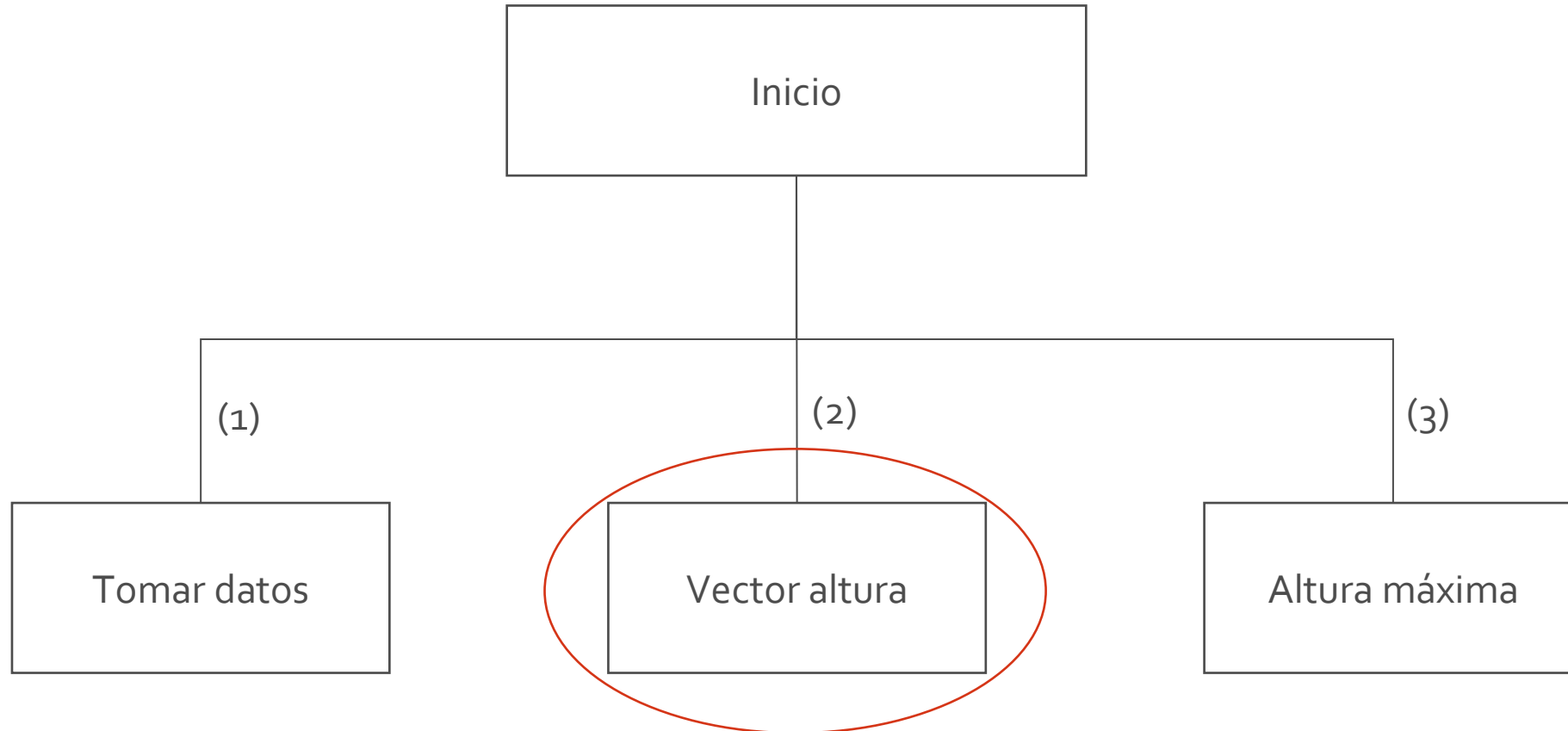


Partes del programa




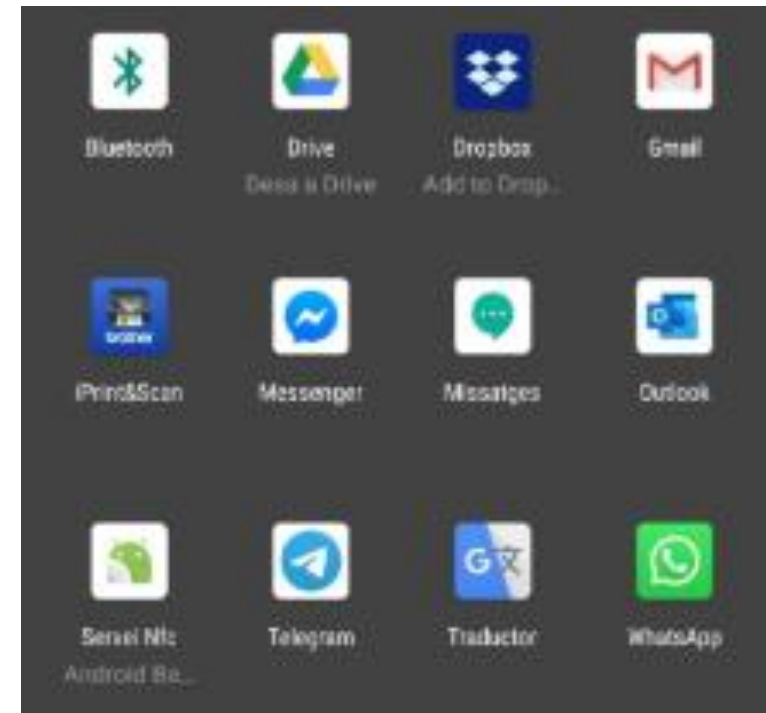


Partes del programa



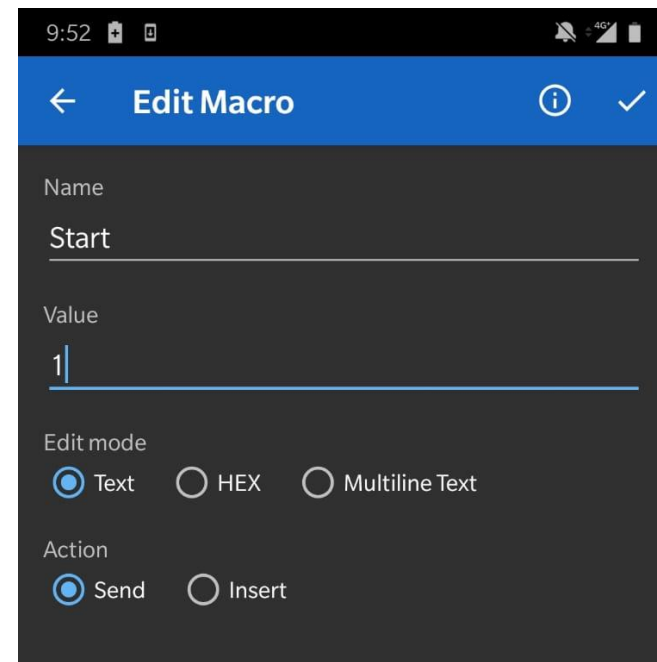
Subir datos a Google Drive

- Pulsamos el botón, arriba a la derecha, . Y después *Data > Share*.
- Ahora nos saldrán varias opciones para guardar los datos.
- Una opción recomendable es guardarlos en Google Drive, para acceder fácilmente en el ordenador.



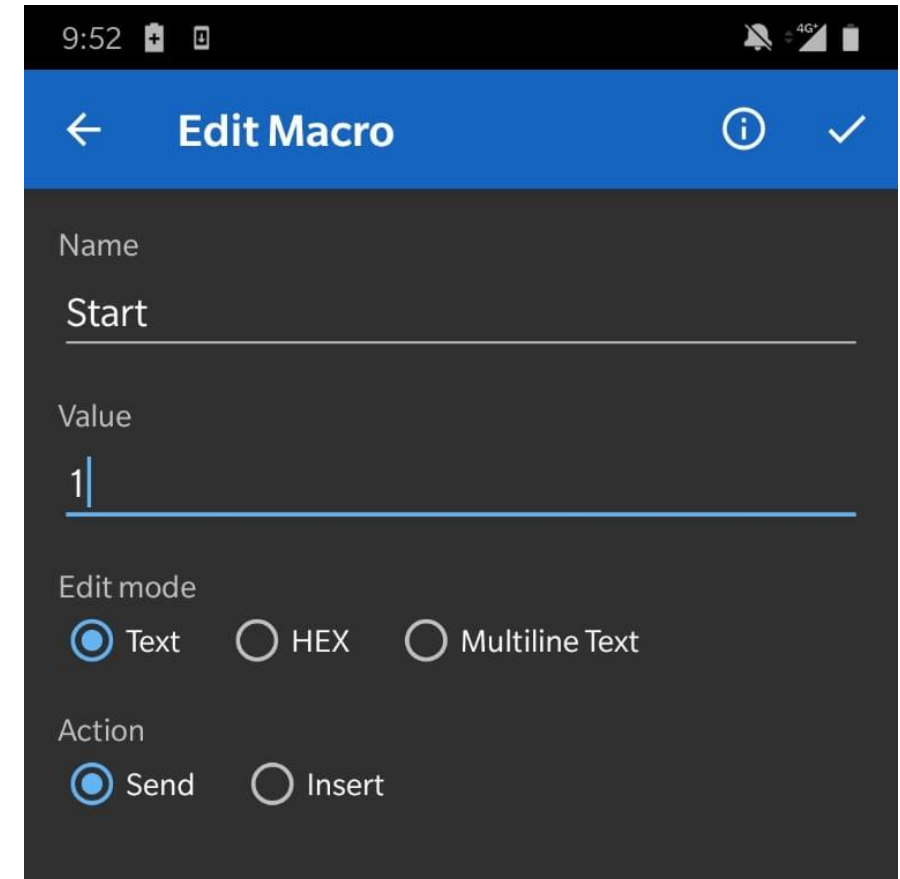
Partes del programa

- Para no memorizar que número corresponde a cada orden.
- Vamos a personalizar la aplicación.
- Posiblemente abajo aparezcan cuadrados como estos, pero con números.
- Si mantenemos pulsado encima de uno de ellos nos aparece.



Partes del programa

- Debemos poner en el primero, Name: Start y Value 1. Y así con todos. Edit mode y Action, debe estar en todos igual.
- Podéis elegir otros nombres, si os ayudan a entender mejor el funcionamiento del programa. A que corresponde cada orden está en el esquema de las partes del programa.



Tratamiento de datos

- Debemos entrar en Google Drive, que nos dejará abrir el archivo, ya que es un txt. Debemos seleccionar los datos de altura y pegarlos en la primera columna de un Excel, que denominaremos "Altura (m)".
- También se puede descargar e importar en un Excel.

Tratamiento de datos

- Podemos una vez en el Excel eliminar los datos iniciales y finales antes del despegue, para que sea más fácil trabajar con los datos.
- Cuando tengamos todos los datos extraídos del vuelo, si no tenemos el separador de decimales predefinido como punto, tendremos que remplazar los puntos por comas.
 - Dentro del menú inicio, clicamos en buscar y seleccionar, y pulsamos en remplazar. En buscar ponemos un punto y en remplazar una coma. Si el símbolo menos no se acepta, lo copiamos y pegamos en buscar y remplazar ponemos un menos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		Altura (m)											
3		-0.53											
4		-1.02											
5		-0.8											
6		-0.32											
7		0											
8		0.48											
9		0.5											
10		1.29											
11		1.47											
12		2.05											
13		3.48											
14		3.55											
15		4.65											
16		6.06											
17		6.76											
18		7.71											
19		8.1											
20		8.15											
21		8.28											
22		8.83											
23		9.18											
24		9.98											
25		10.54											
26		10.51											
27		11.4											
28		11.28											
29		12											
30		13.13											
31		13.3											

Tratamiento de datos

- Ahora creamos una columna tiempo. Para ello debemos saber el periodo de muestreo. Este vendrá definido a 25Hz.

- Podemos calcular el incremento de tiempo como:

$$\Delta t = \frac{1}{f} = \frac{1}{25} = 0,04 \text{ s}$$

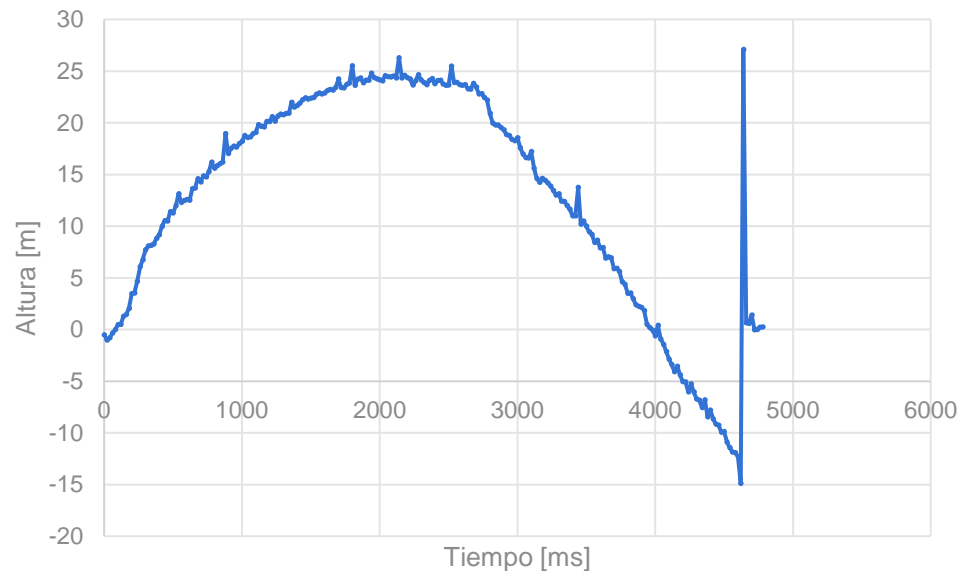
- Ahora creamos una columna de tiempos, comenzando en 0 e incrementándose Δt .
- En el ejemplo tenemos los datos con una frecuencia de 50Hz (20 ms).

	A	B	C	D	E
1					
2	t (ms)	Altura (m)			
3	0	-0.53			
4	=A3+20	-1.02			
5		-0.8			
6		-0.32			
7		0			
8		0.48			
9		0.5			
10		1.29			
11		1.47			
12		2.05			
13		3.48			
14		3.55			
15		4.65			
16		6.06			
17		6.76			
18		7.71			
19		8.1			
20		8.15			
21		8.28			
22		8.83			
23		9.18			
24		9.98			
25		10.54			
26		10.51			
27		11.4			
28		11.28			
29		12			

	A	B	C	D	E
1					
2	t (ms)	Altura (m)			
3	0	-0.53			
4	20	-1.02			
5	40	-0.8			
6	60	-0.32			
7	80	0			
8	100	0.48			
9	120	0.5			
10	140	1.29			
11	160	1.47			
12	180	2.05			
13	200	3.48			
14	220	3.55			
15	240	4.65			
16	260	6.06			
17	280	6.76			
18	300	7.71			
19	320	8.1			
20	340	8.15			
21	360	8.28			
22	380	8.83			
23	400	9.18			
24	420	9.98			
25	440	10.54			
26	460	10.51			
27	480	11.4			
28	500	11.28			
29	520	12			

Tratamiento de datos

- Si representamos los datos observamos mucha dispersión.

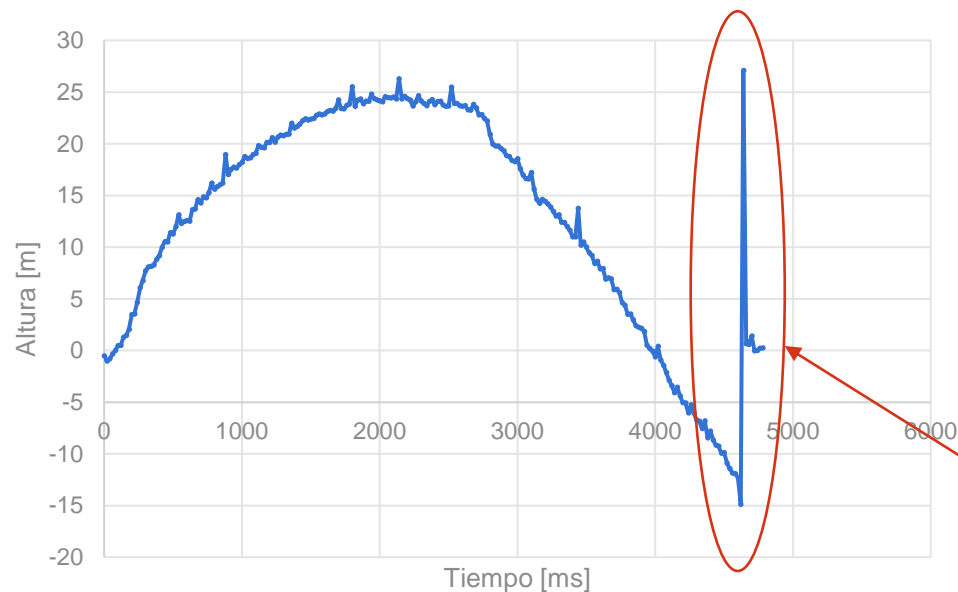


Además dependiendo de la frecuencia y la velocidad del ascenso del Water Rocket, puede que haya una mayor dispersión o ruido en los datos.

SOLUCIÓN: Filtrar datos (media)

Tratamiento de datos

- Si representamos los datos observamos mucha dispersión.



Además dependiendo de la frecuencia y la velocidad del ascenso del Water Rocket, puede que haya una mayor dispersión o ruido en los datos.

SOLUCIÓN: Filtrar datos (media)

Se observa el cambio de presión en el golpe final al caer al suelo.

	A	B	C	D	E
1					
2	t (ms)	Altura (m)	Altura filtrada (m)		
3	0	-0.53			
4	20	-1.02			
5	40	-0.8	=PROMEDIO(B3:B7)		
6	60	-0.32			
7	80	0			
8	100	0.48			
9	120	0.5			
10	140	1.29			
11	160	1.47			
12	180	2.05			
13	200	3.48			
14	220	3.55			
15	240	4.65			
16	260	6.06			
17	280	6.76			
18	300	7.71			
19	320	8.1			
20	340	8.15			
21	360	8.28			
22	380	8.83			
23	400	9.18			
24	420	9.98			
25	440	10.54			
26	460	10.51			
27	480	11.4			
28	500	11.28			
29	520	12			
30	540	13.13			
31	560	12.3			

	A	B	C	D	E
1					
2	t (ms)	Altura (m)	Altura filtrada (m)		
3	0	-0.53			
4	20	-1.02			
5	40	-0.8	-0.534		
6	60	-0.32	-0.332		
7	80	0	-0.028		
8	100	0.48	0.39		
9	120	0.5	0.748		
10	140	1.29	1.158		
11	160	1.47	1.758		
12	180	2.05	2.368		
13	200	3.48	3.04		
14	220	3.55	3.958		
15	240	4.65	4.9		
16	260	6.06	5.746		
17	280	6.76	6.656		
18	300	7.71	7.356		
19	320	8.1	7.8		
20	340	8.15	8.214		
21	360	8.28	8.508		
22	380	8.83	8.884		
23	400	9.18	9.362		
24	420	9.98	9.808		
25	440	10.54	10.322		
26	460	10.51	10.742		
27	480	11.4	11.146		
28	500	11.28	11.664		
29	520	12	12.022		
30	540	13.13	12.236		
31	560	12.3	12.496		

Tratamiento de datos

- Obtener velocidad con la formula explicada al principio.

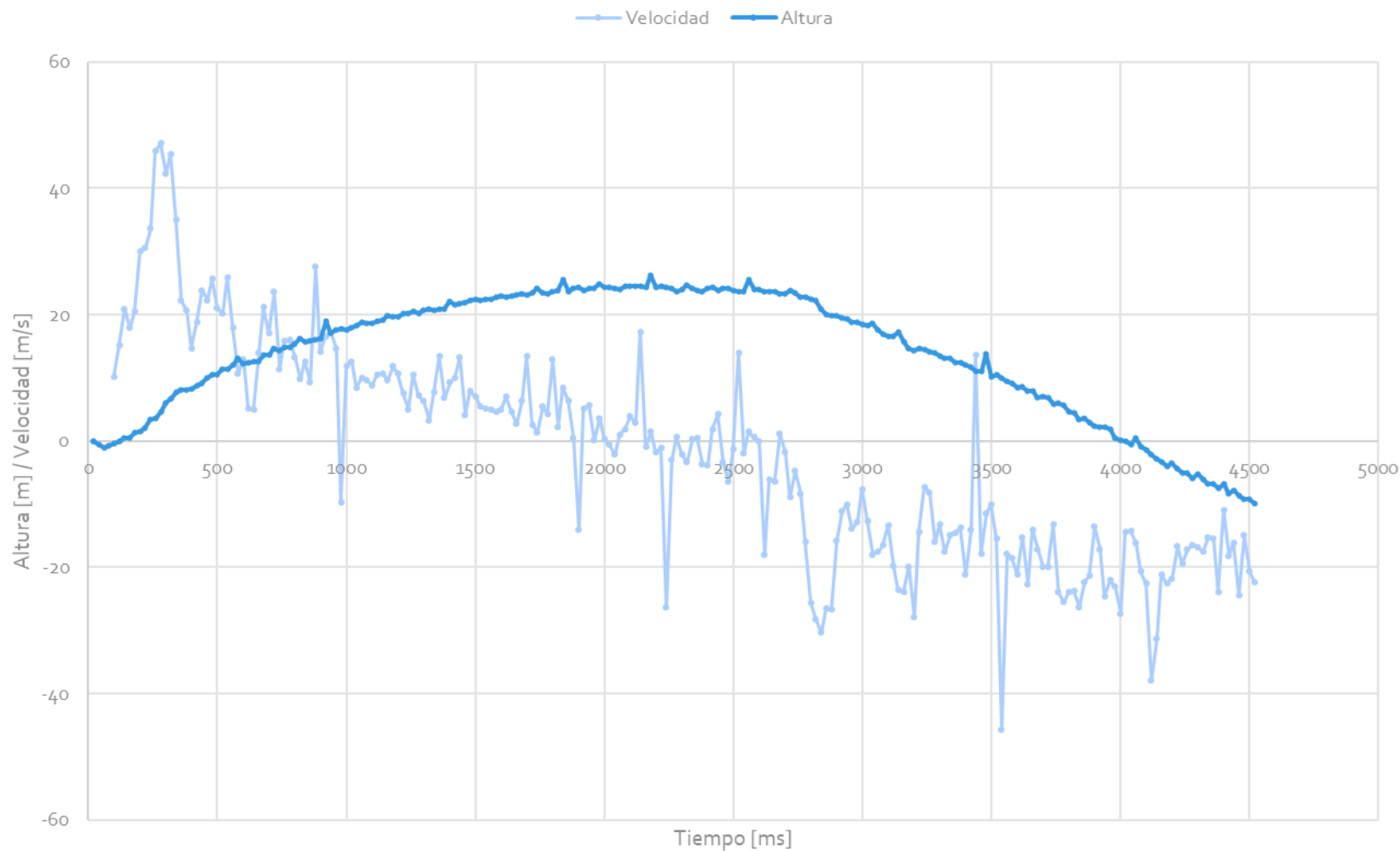
$$v_i = \frac{h_i - h_{i-1}}{\Delta t}$$

	A	B	C	D	E
1					
2	t (ms)	Altura (m)	Altura filtrada (m)	Velocidad (m/s)	
3	0	-0.53			
4	20	-1.02			
5	40	-0.8	-0.534		
6	60	-0.32	-0.332	$=(C6-C5)/0.02$	
7	80	0	-0.028		
8	100	0.48	0.39		
9	120	0.5	0.748		
10	140	1.29	1.158		
11	160	1.47	1.758		
12	180	2.05	2.368		
13	200	3.48	3.04		
14	220	3.55	3.958		
15	240	4.65	4.9		
16	260	6.06	5.746		
17	280	6.76	6.656		
18	300	7.71	7.356		
19	320	8.1	7.8		
20	340	8.15	8.214		
21	360	8.28	8.508		
22	380	8.83	8.884		
23	400	9.18	9.362		
24	420	9.98	9.808		
25	440	10.54	10.322		
26	460	10.51	10.742		
27	480	11.4	11.146		
28	500	11.28	11.664		
29	520	12	12.022		
30	540	13.13	12.236		
31	560	12.3	12.496		
32	580	12.47	12.6		

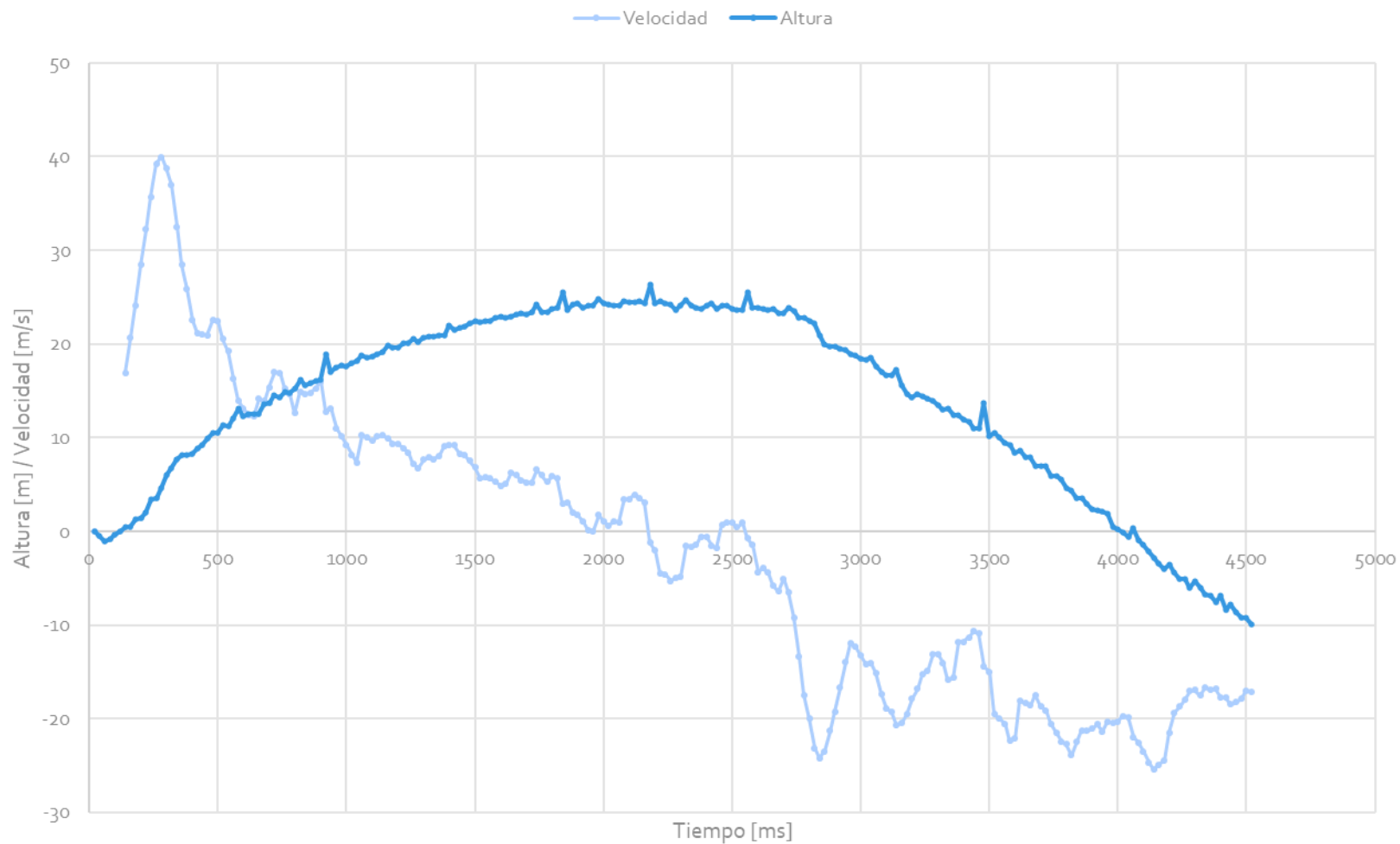
	A	B	C	D	E
1					
2	t (ms)	Altura (m)	Altura filtrada (m)	Velocidad (m/s)	
3	0	-0.53			
4	20	-1.02			
5	40	-0.8	-0.534		
6	60	-0.32	-0.332	10.1	
7	80	0	-0.028	15.2	
8	100	0.48	0.39	20.9	
9	120	0.5	0.748	17.9	
10	140	1.29	1.158	20.5	
11	160	1.47	1.758	30	
12	180	2.05	2.368	30.5	
13	200	3.48	3.04	33.6	
14	220	3.55	3.958	45.9	
15	240	4.65	4.9	47.1	
16	260	6.06	5.746	42.3	
17	280	6.76	6.656	45.5	
18	300	7.71	7.356	35	
19	320	8.1	7.8	22.2	
20	340	8.15	8.214	20.7	
21	360	8.28	8.508	14.7	
22	380	8.83	8.884	18.8	
23	400	9.18	9.362	23.9	
24	420	9.98	9.808	22.3	
25	440	10.54	10.322	25.7	
26	460	10.51	10.742	21	
27	480	11.4	11.146	20.2	
28	500	11.28	11.664	25.9	
29	520	12	12.022	17.9	
30	540	13.13	12.236	10.7	
31	560	12.3	12.496	13	

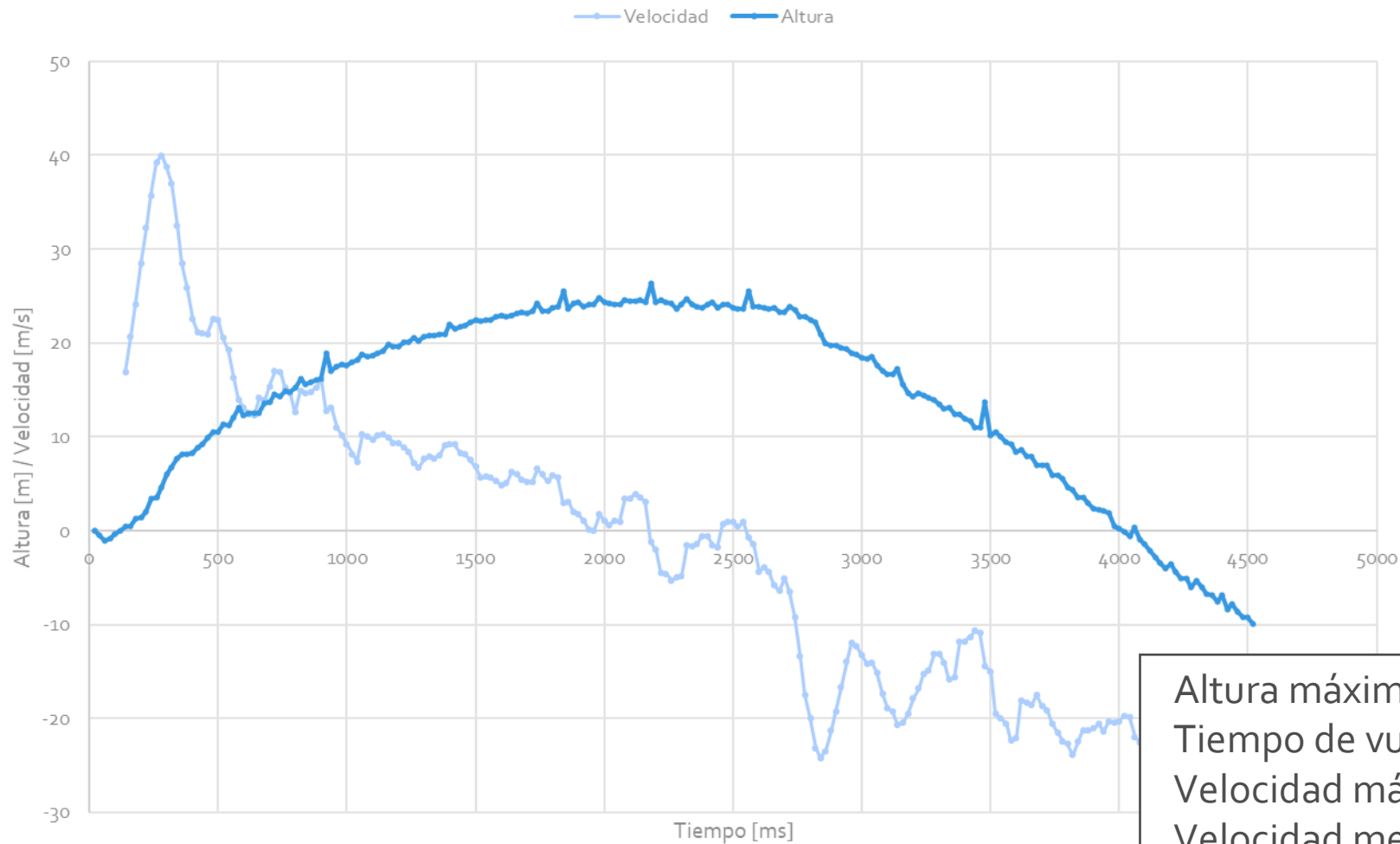
	A	B	C	D	E
1					
2	t (ms)	Altura (m)	Altura filtrada (m)	Velocidad (m/s)	
3	0	-0.53			
4	20	-1.02			
5	40	-0.8	-0.534		
6	60	-0.32	-0.332	$=(C6-C5)/0.02$	
7	80	0	-0.028		
8	100	0.48	0.39		
9	120	0.5	0.748		
10	140	1.29	1.158		
11	160	1.47	1.758		
12	180	2.05	2.368		
13	200	3.48	3.04		
14	220	3.55	3.958		
15	240	4.65	4.9		
16	260	6.06	5.746		
17	280	6.76	6.656		
18	300	7.71	7.356		
19	320	8.1	7.8		
20	340	8.15	8.214		
21	360	8.28	8.508		
22	380	8.83	8.884		
23	400	9.18	9.362		
24	420	9.98	9.808		
25	440	10.54	10.322		
26	460	10.51	10.742		
27	480	11.4	11.146		
28	500	11.28	11.664		
29	520	12	12.022		
30	540	13.13	12.236		
31	560	12.3	12.496		
32	580	12.47	12.6		

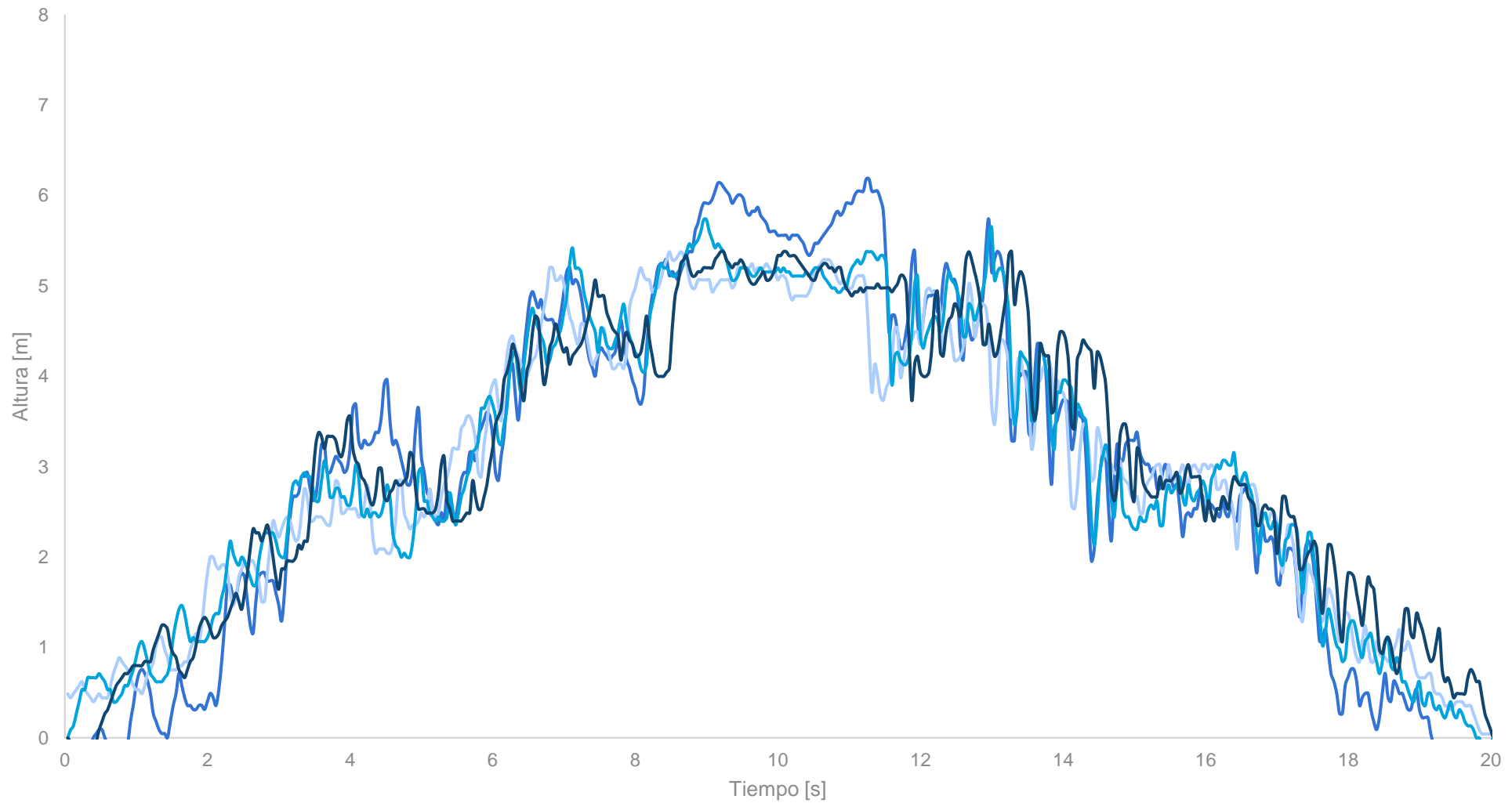
	A	B	C	D	E
1					
2	t (ms)	Altura (m)	Altura filtrada (m)	Velocidad (m/s)	
3	0	-0.53			
4	20	-1.02			
5	40	-0.8	-0.534		
6	60	-0.32	-0.332	10.1	
7	80	0	-0.028	15.2	
8	100	0.48	0.39	20.9	
9	120	0.5	0.748	17.9	
10	140	1.29	1.158	20.5	
11	160	1.47	1.758	30	
12	180	2.05	2.368	30.5	
13	200	3.48	3.04	33.6	
14	220	3.55	3.958	45.9	
15	240	4.65	4.9	47.1	
16	260	6.06	5.746	42.3	
17	280	6.76	6.656	45.5	
18	300	7.71	7.356	35	
19	320	8.1	7.8	22.2	
20	340	8.15	8.214	20.7	
21	360	8.28	8.508	14.7	
22	380	8.83	8.884	18.8	
23	400	9.18	9.362	23.9	
24	420	9.98	9.808	22.3	
25	440	10.54	10.322	25.7	
26	460	10.51	10.742	21	
27	480	11.4	11.146	20.2	
28	500	11.28	11.664	25.9	
29	520	12	12.022	17.9	
30	540	13.13	12.236	10.7	
31	560	12.3	12.496	13	



HAY QUE
FILTRAR







**WATER
ROCKETS**