



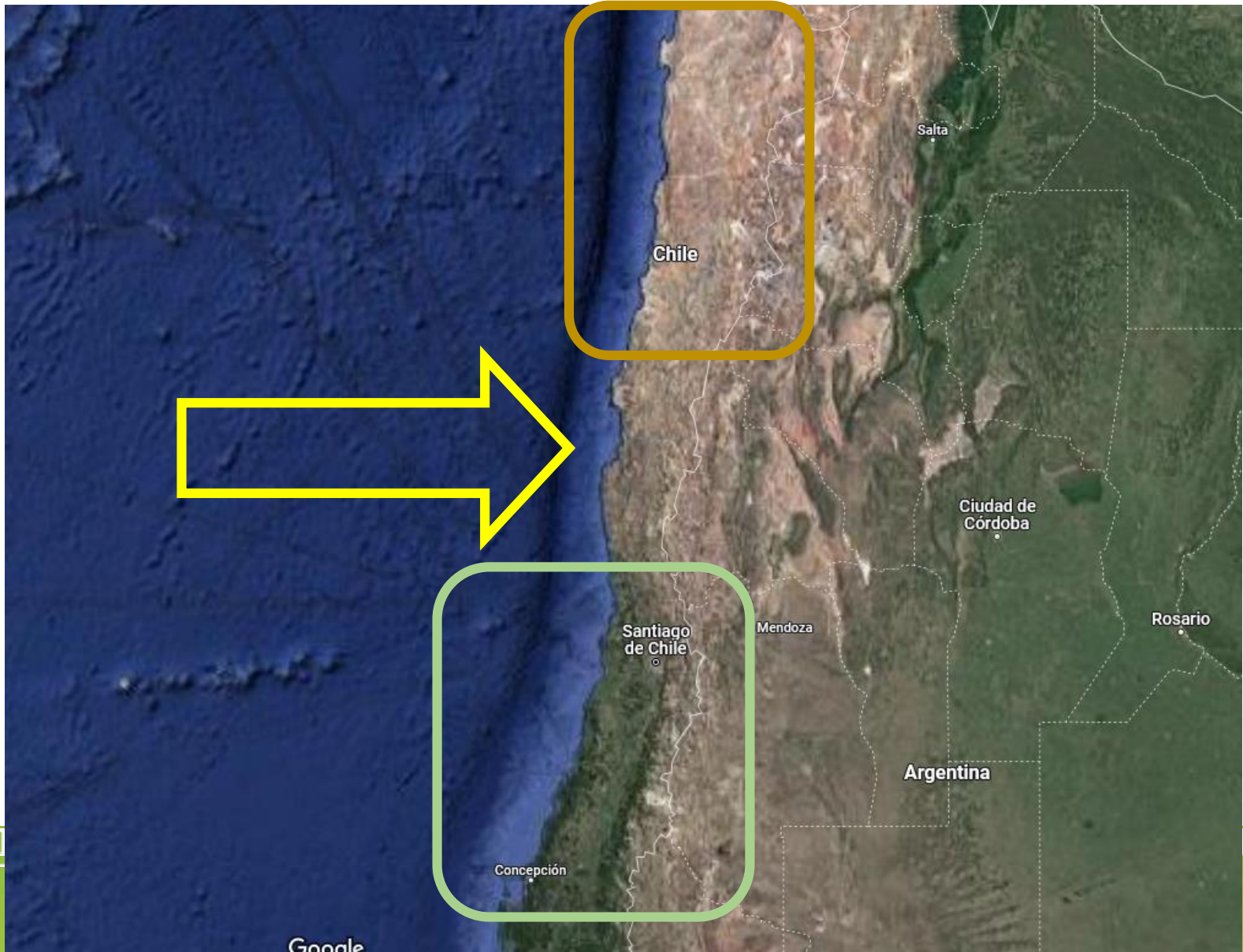
Desarrollo de sensores de bajo costo: pt I

Cristian Orrego
Ing. Computación
Coordinador grupo CEAZAmet

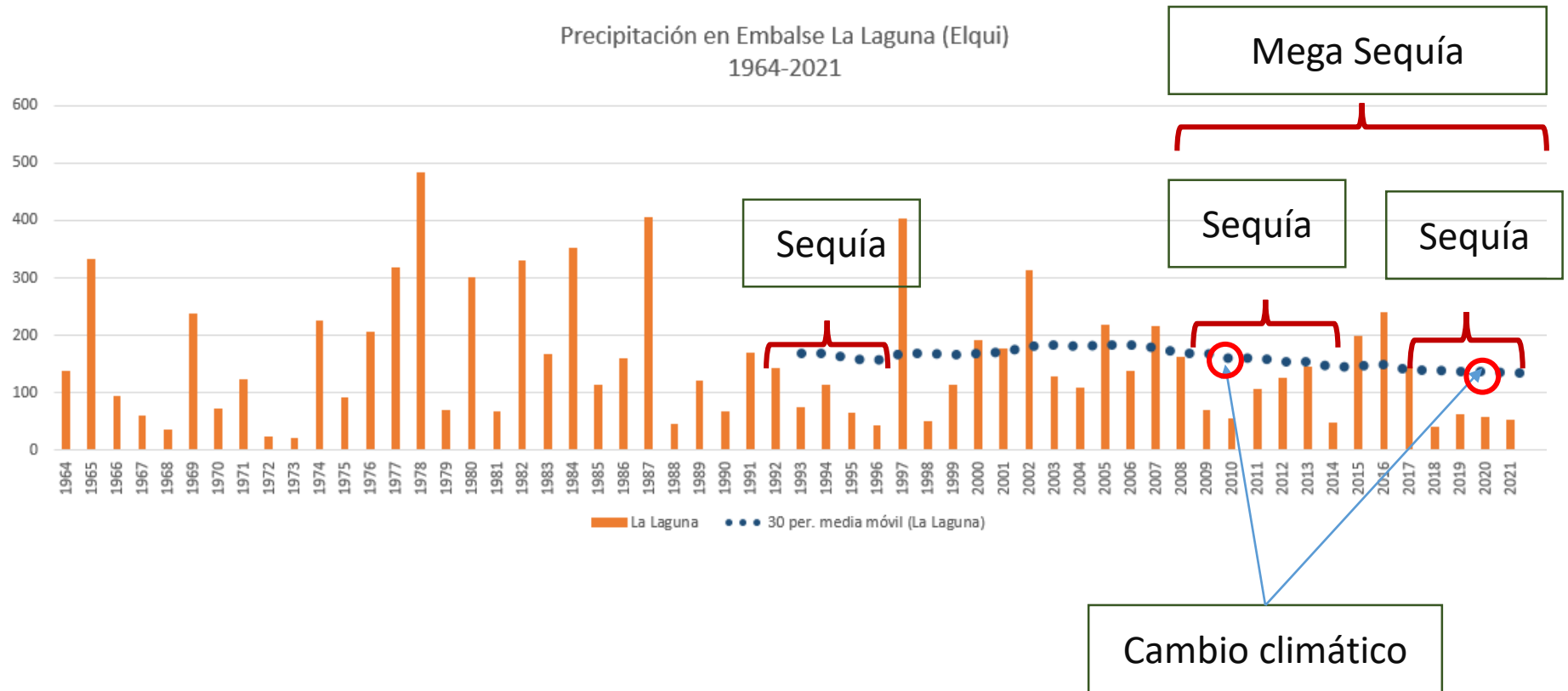
Contexto



Contexto: Zona de transición

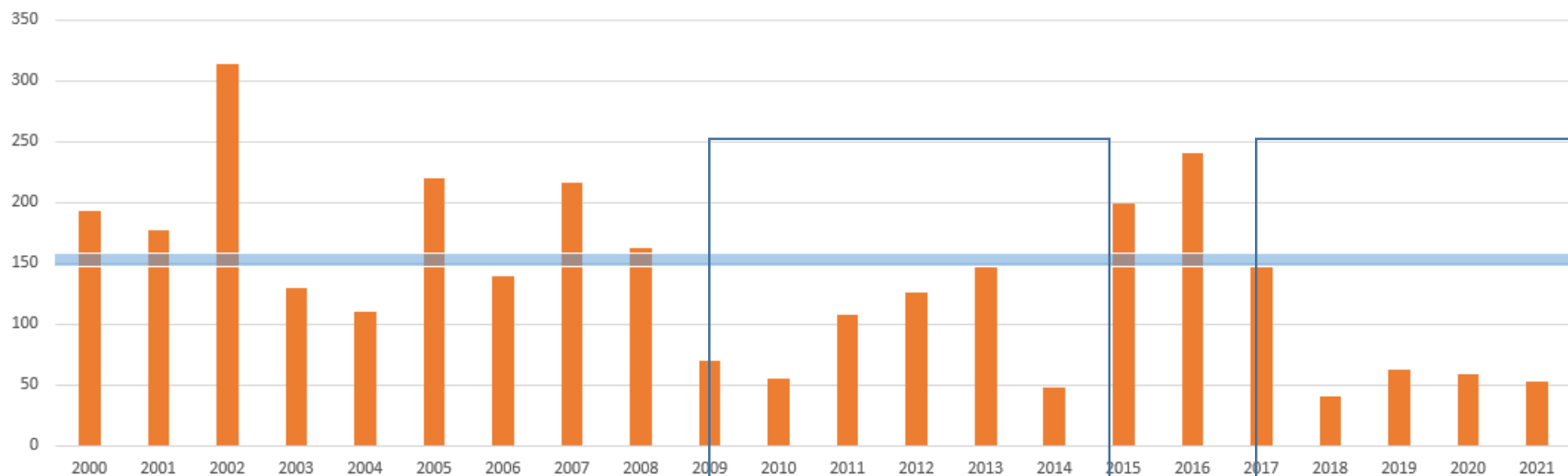


Contexto: Sequías y cambio climático

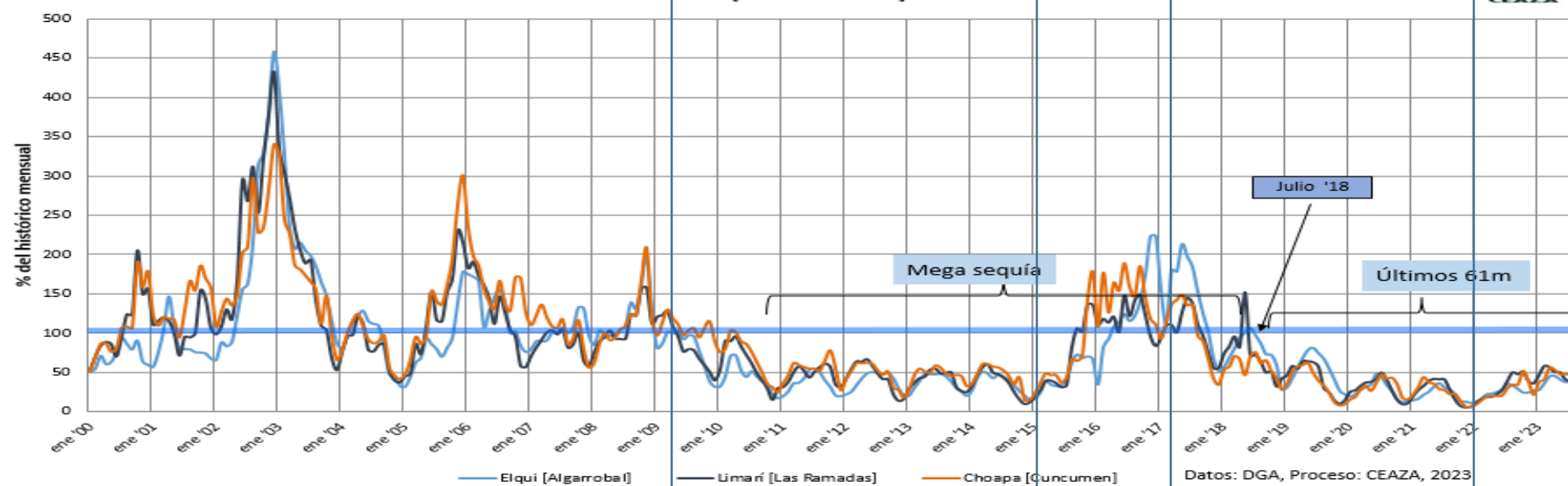


Propagación de la sequía: sequia meteorológica a sequia hidrológica

Precipitación en Embalse La Laguna (Elqui)
1964-2021

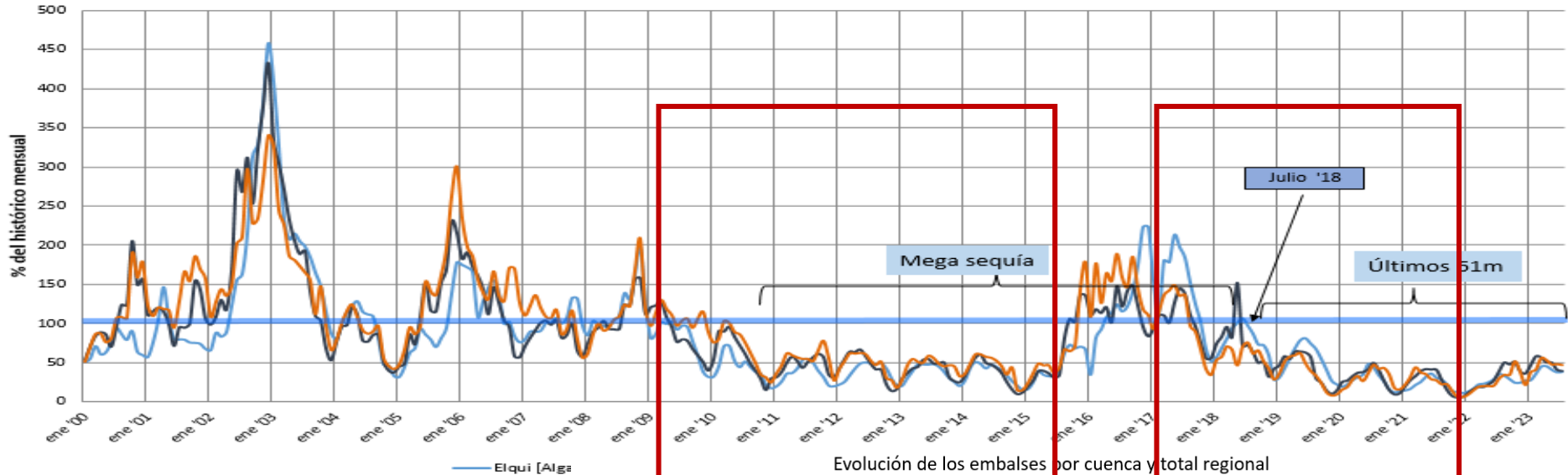


Caudales en Ríos: Provincias Elqui/Limarí/Choapa
[2000 a la fecha]

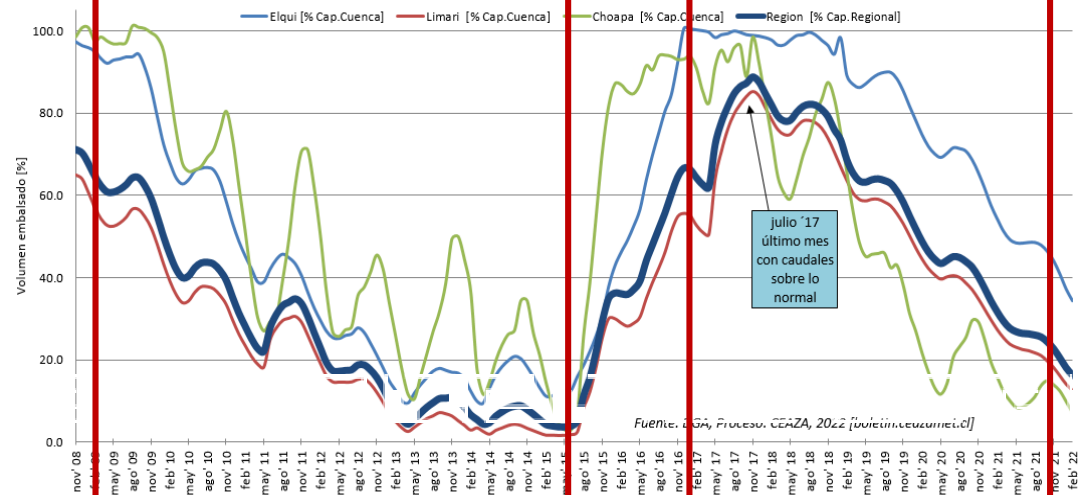


Propagación de la sequía: sequia hidrológica a sequia agrícola

Caudales en Ríos: Provincias Elqui/Limari/Choapa
[2000 a la fecha]

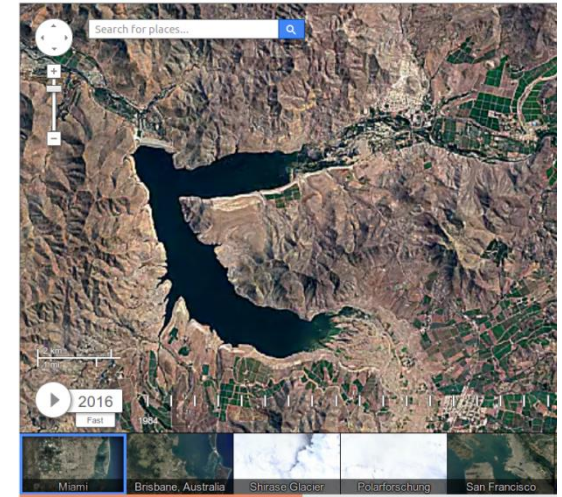
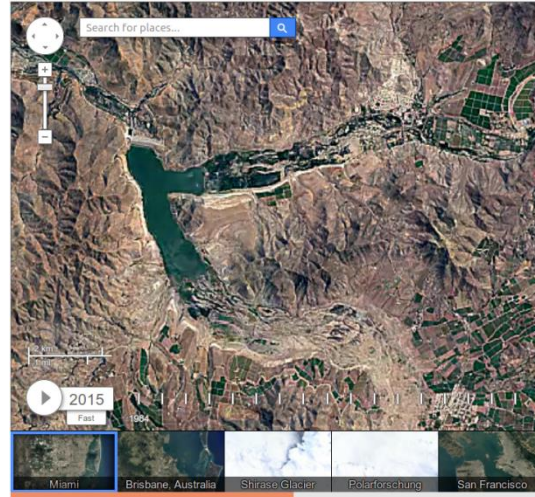
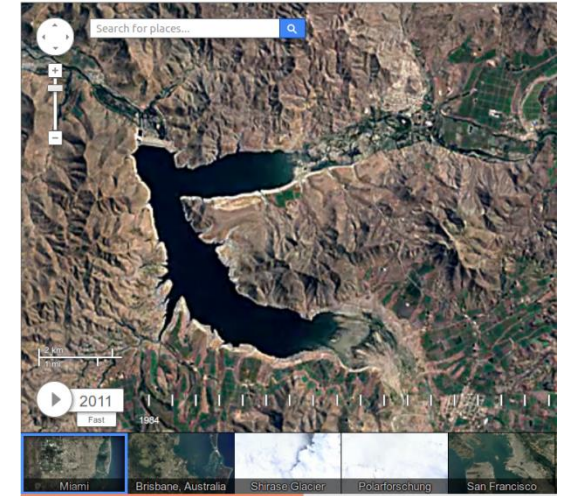
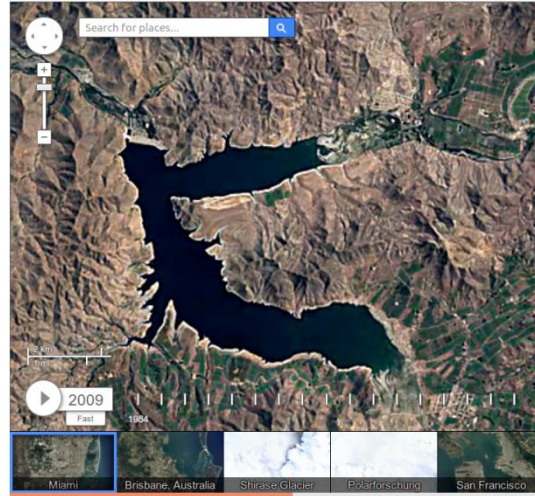


Evolución de los embalses por cuenca y total regional
[Noviembre 2008 - Febrero 2022]



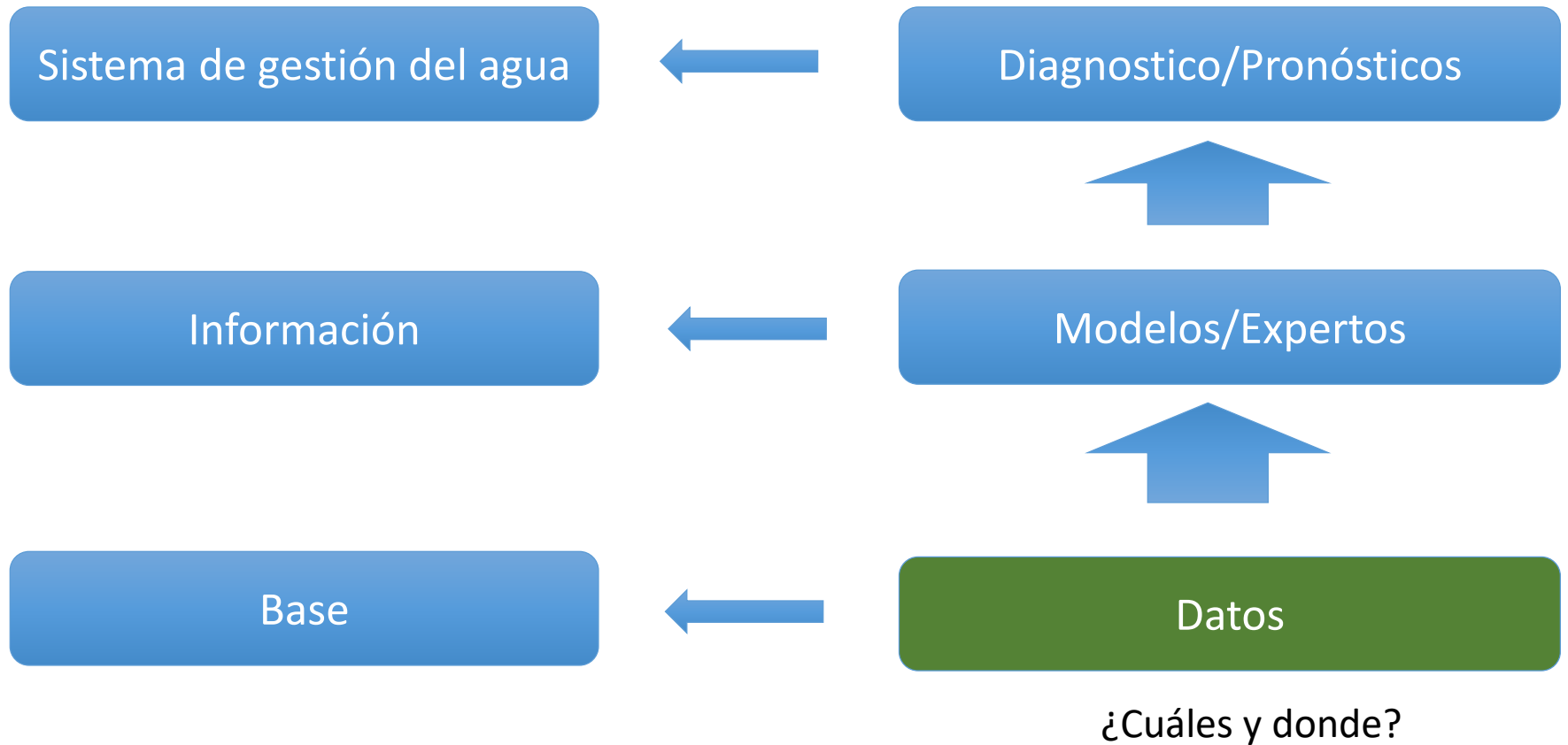
Fuente: CGA, Proceso. CEZA, 2022 [boletinecuzamei.cl]

Registro satelital embalses



<https://earthengine.google.com/timelapse/>

Problema general: Toma de decisiones



Ciclo del agua



Sistemas de telemetría

Como base del sistema de gestión



Esquema

Problema

Que se debe solucionar?

Sistema
Captura

Sistema
Sensores

Requerimientos
¿Cómo debería ser la solución?

Diseño
Físico

Diseño
Electrónico

Diseño
Sist. operativo

Prototipos



Esquema

Problema

Que se debe solucionar?

Sistema
Captura

Sistema
Sensores

Requerimientos
¿Cómo debería ser la solución?

Diseño
Físico

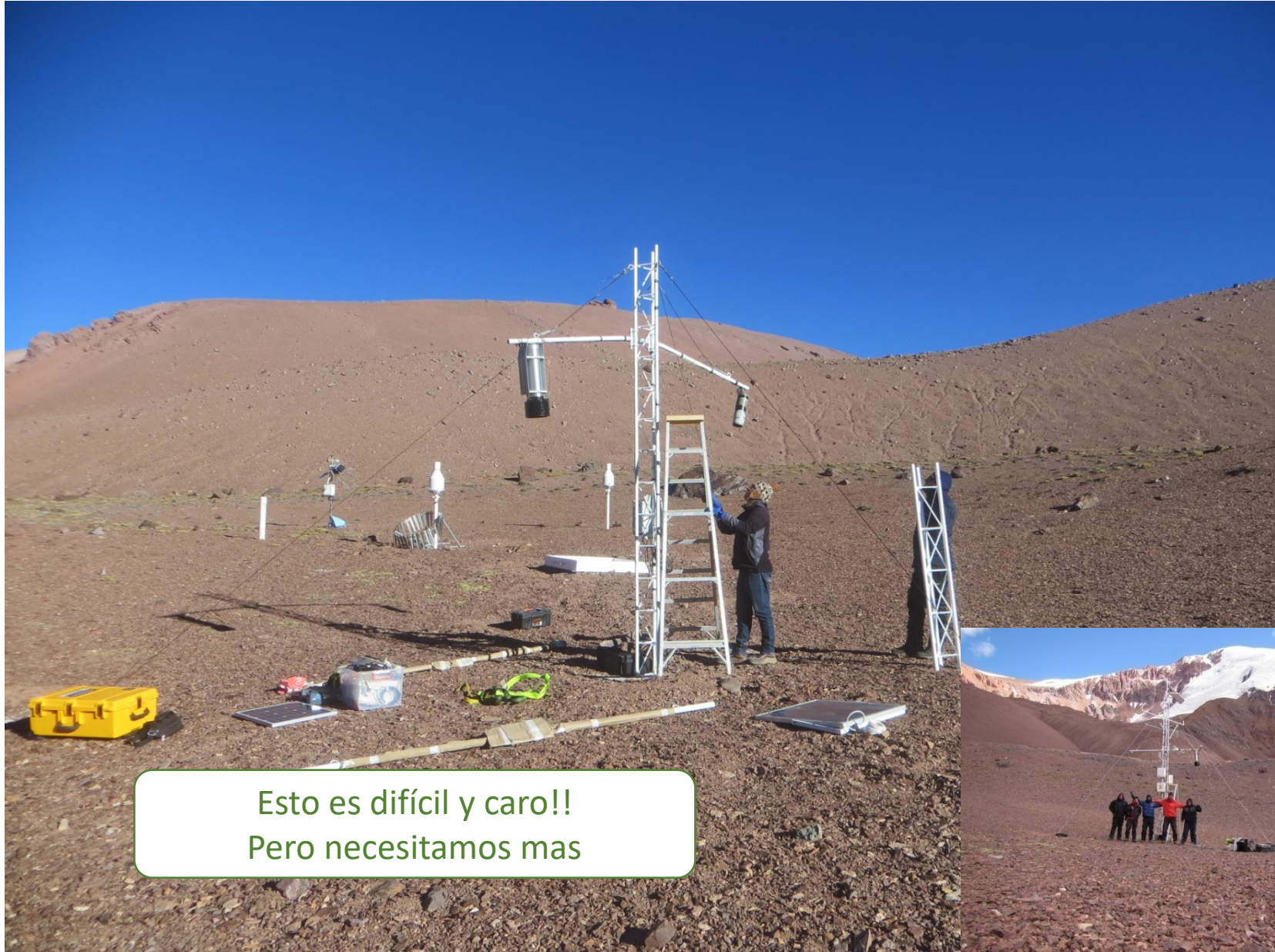
Diseño
Electrónico

Diseño
Sist. operativo

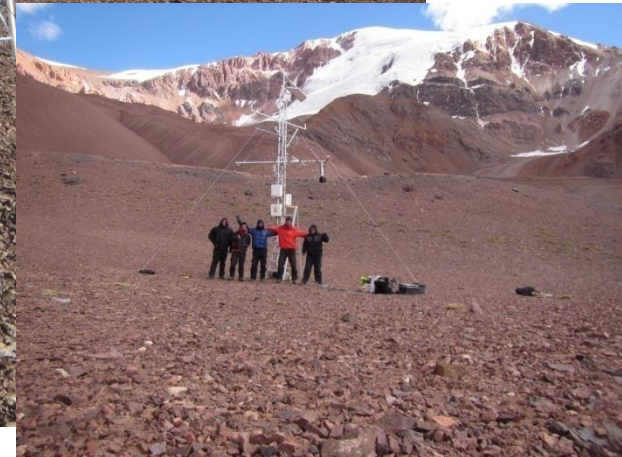
Prototipos



Problema



Esto es difícil y caro!!
Pero necesitamos mas



Esquema

Problema

Que se debe solucionar?

Sistema
Captura

Sistema
Sensores

Requerimientos
¿Cómo debería ser la solución?

Diseño
Físico

Diseño
Electrónico

Diseño
Sist. operativo

Prototipos



Monitoreo: Problemas -> Requerimientos

Más masivos	Más transportable	Más a doc
Más baratos	Menos peso	Sistemas a medida (integrados)
Datos fáciles de recoger	Menos consumo	Sistemas todo en uno
Con comunicaciones	Menos tamaño	

Altura de nieve/Peso/T°

A costa de: I+D y probablemente precisión

Esquema

Problema

Que se debe solucionar?

Sistema
Captura

Sistema
Sensores

Requerimientos
¿Cómo debería ser la solución?

Diseño
Físico

Diseño
Electrónico

Diseño
Sist. operativo

Prototipos



Computación física (y prototipos)



Tecnologías habilitadoras (Acceso y costo)

Diseño
Electrónico

Diseño
Sist. operativo

Diseño
Físico

Placas +
modulos +
aliexpress

Arduino
IDE

Impresión 3D

Internet
(comunidades, foros, youtube)

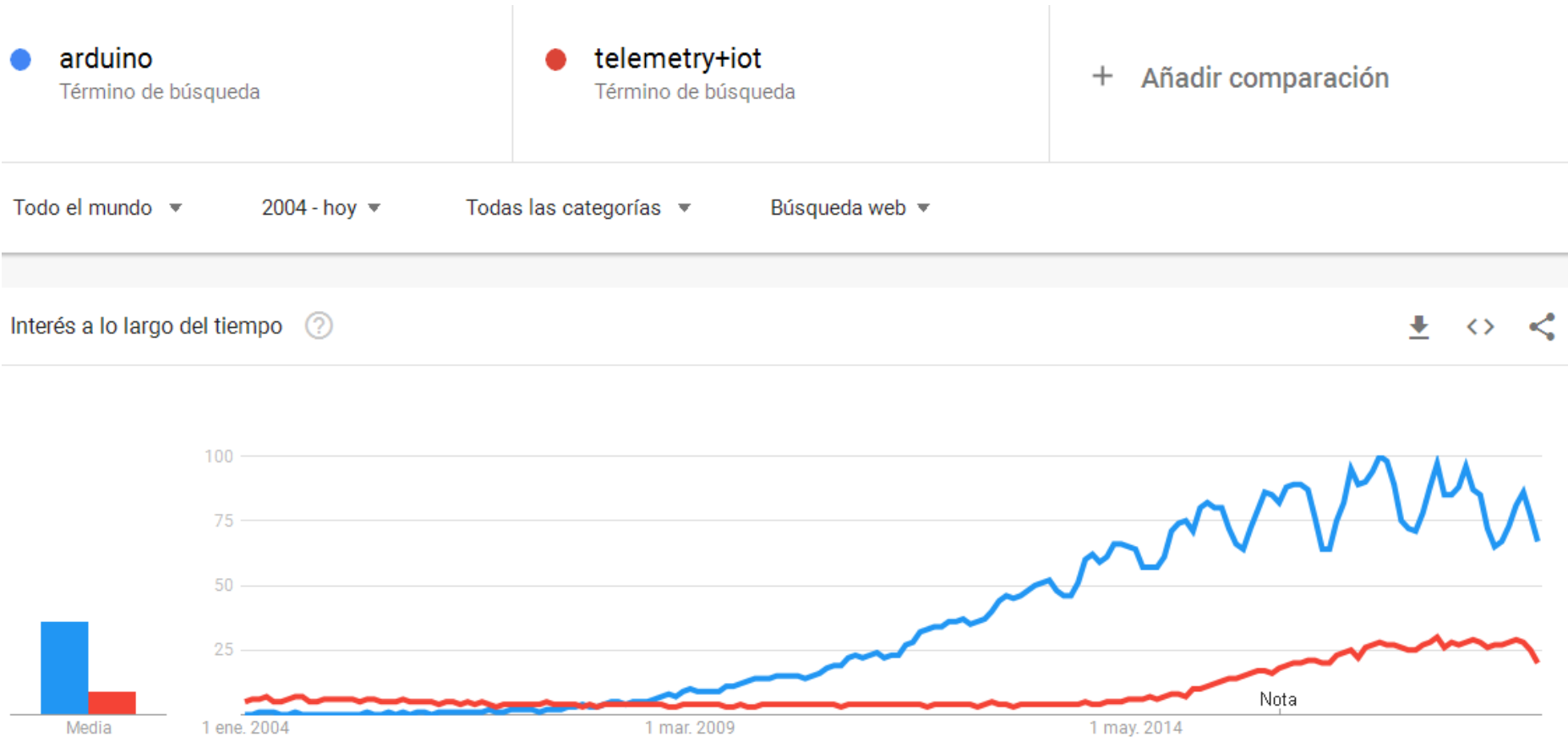


Introducción

- La electrónica hasta el 2005 era un área del conocimiento con altas barreras de entrada en donde el desarrollo de dispositivos electrónicos era un imposible para cualquier no ingeniero/técnico electrónico.
- Durante el 2005 comienza el desarrollo de arduino como una herramienta de apoyo a la enseñanza de electrónica e informática dentro de su instituto (Mazzimo Banzi), con los años se mejora el producto y su lenguaje. Para el 2013 ya era conocido en todo el mundo en la comunidad electrónica e informática. Esto permitió que los informáticos se acercaran a la electrónica y los electrónicos a la informática.
- Durante la última década siguió bajando el costo de los componentes electrónicos y se masificaron las compras online (al mundo!!).



Evolución: Nace el arduino, el DIY y la telemetría se masifica



Que es el arduino?

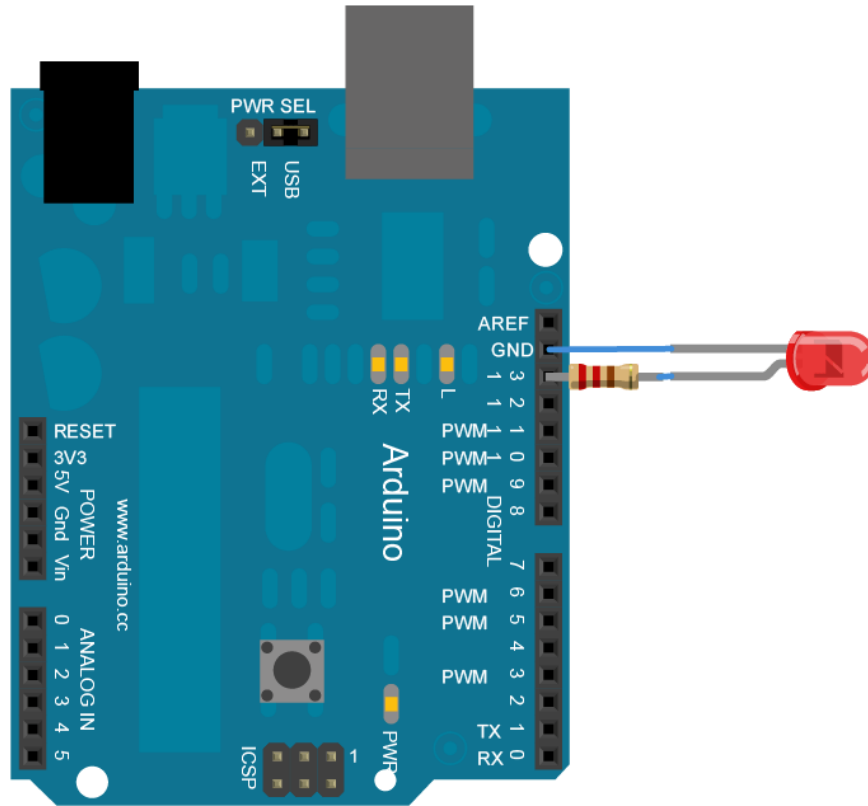
- En una especie de computador, mas parecido a una calculadora programable (memoria es un tema importante) que tiene pines de entrada y salida que se pueden controlar (y puertos [serial, I2C, otros]).



Nota: Hay varios otros, Raspberry, MK, SMT32

Que se puede hacer con arduino? (o procesadores programables)

- Salidas digitales (On/Off o PWM 8b [256 valores])



Que se puede hacer con arduino?

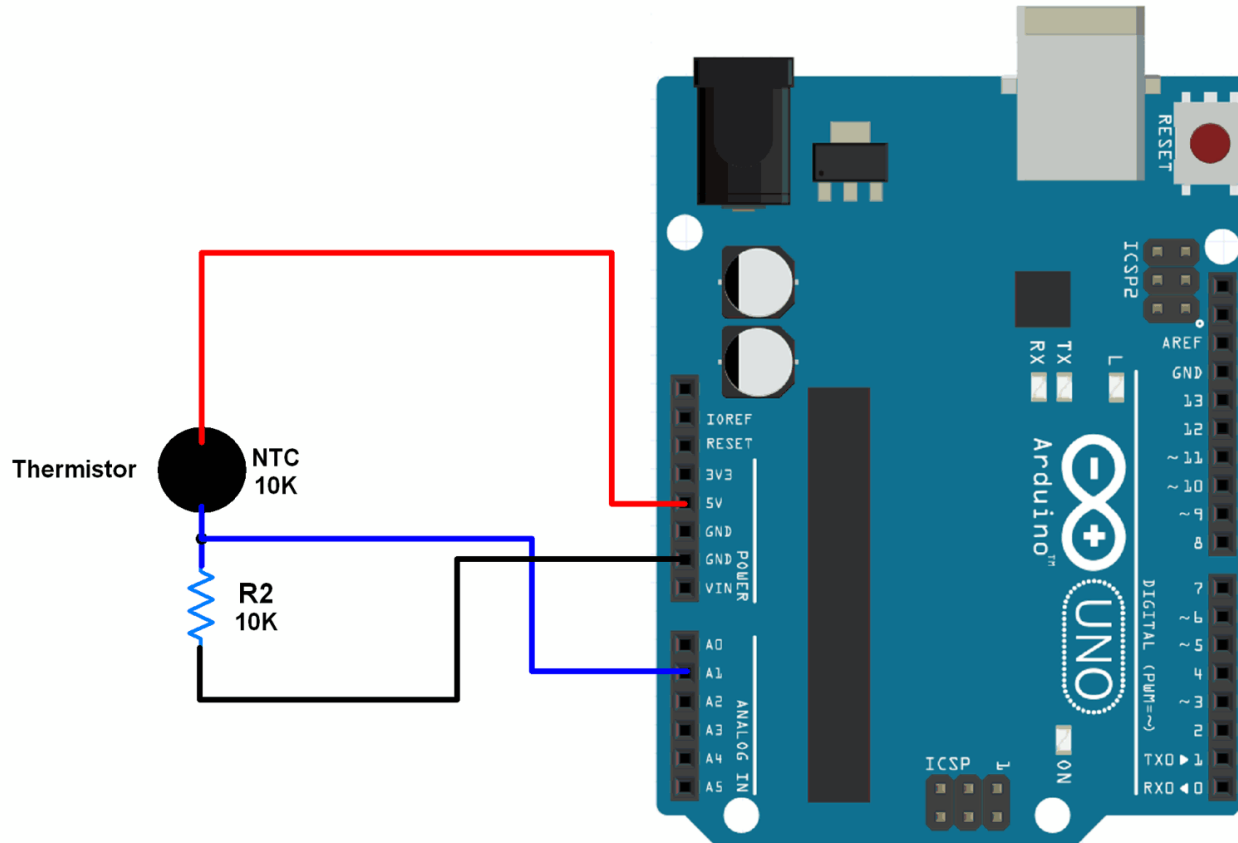
```
//esta funcion se ejecuta una sola vez antes del inicio del loop
#define PINLED 13
void setup()
{
    pinMode(PINLED, OUTPUT);//declarar el pin del led interno como de salida
}

// esta funcion corre dentro de un while infinito
void loop()
{
    digitalWrite(PINLED, HIGH); //prender el led
    delay(1000);
    digitalWrite(PINLED, LOW); //apagar el led
    delay(1000);
}
```



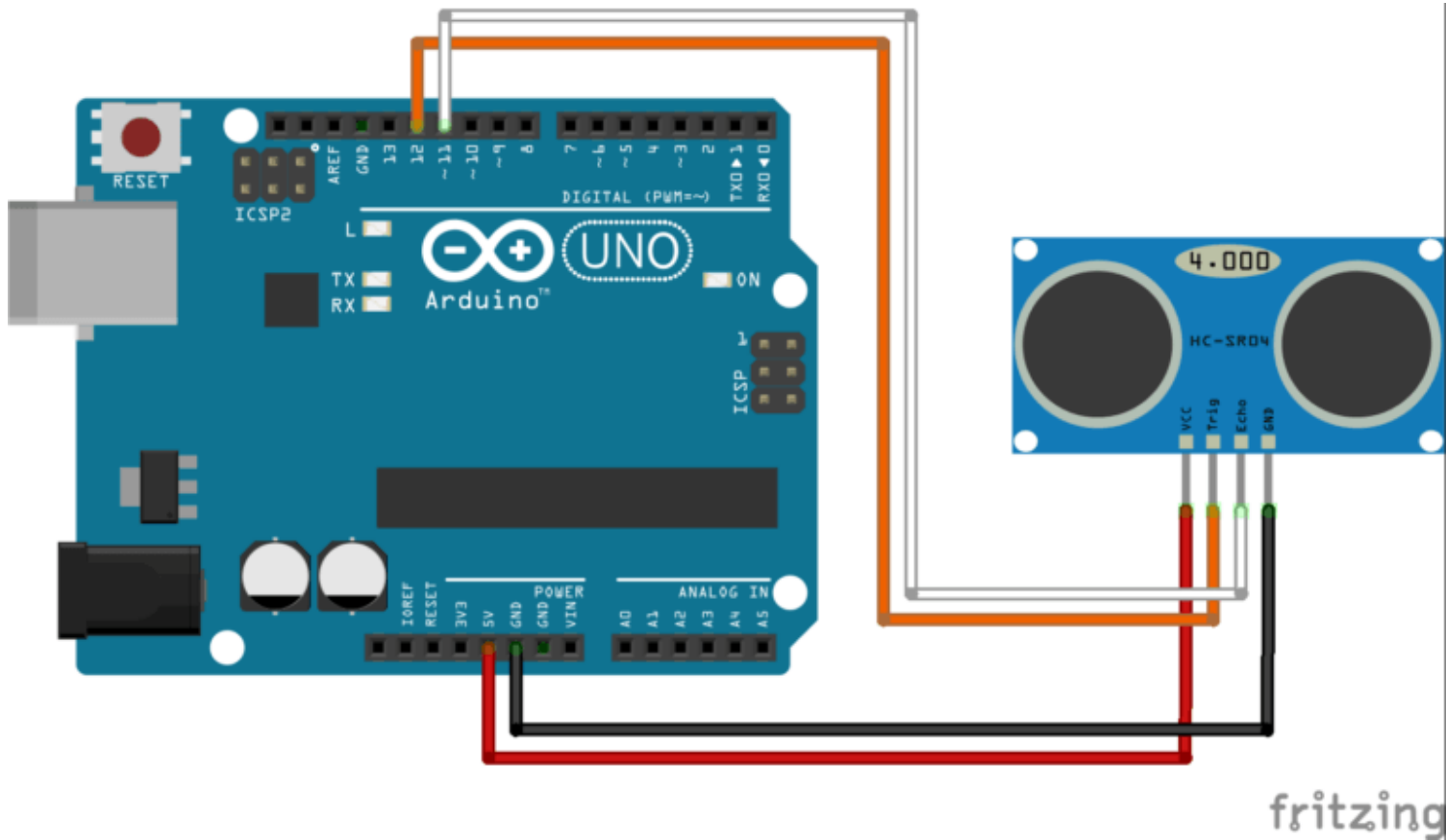
Que se puede hacer con arduino? (o procesadores programables)

- Leer entradas análogas (resolución 10b o rango 0-1024)



Programación arduino

- Paso 1: Diagrama de conexión



Programación arduino

- Paso 2: Programa mínimo lectura del sensor sonico

```
// defines pins numbers
const int PIN_TRIG_SON = 3;
const int PIN_ECHO_SON = 2;

// defines variables
long largo_pulso_us;
float distancia_mm;

void setup()
{
  pinMode(PIN_TRIG_SON, OUTPUT); //pin de trigger es de salida
  pinMode(PIN_ECHO_SON, INPUT); // pin de eco es de entrada
  Serial.begin(115200); // iniciar puerto serial
}

void loop()
{
  delay(100);
  //enviar pulso de inicio de medicion
  digitalWrite(PIN_TRIG_SON, LOW); delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(PIN_TRIG_SON, HIGH); delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(PIN_TRIG_SON, LOW);

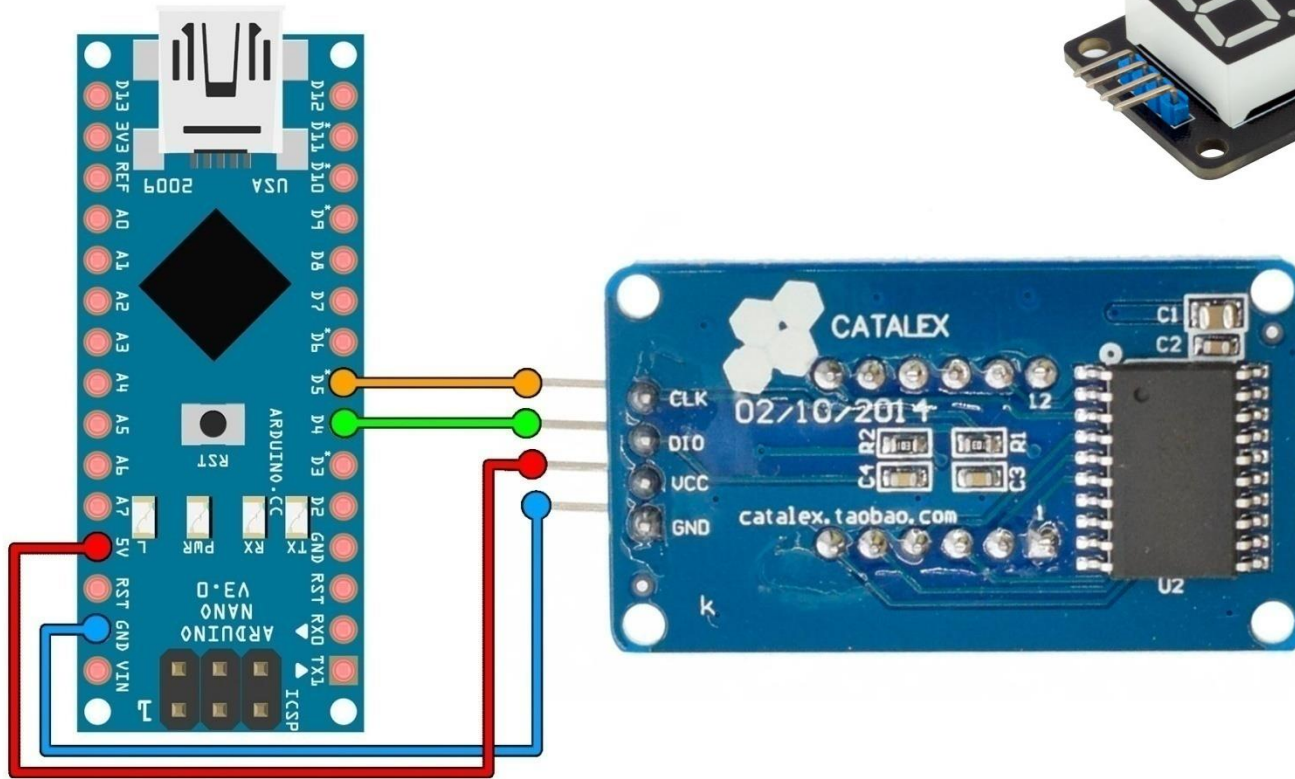
  //calcular el largo del pulso de entrada que es proporcional a la distancia medida
  largo_pulso_us = pulseIn(PIN_ECHO_SON, HIGH, 20000);

  float temperatura=18.0;
  float VelSonido = 331.3 + 0.606 * temperatura; //formula for speed of sound in m/s
  distancia_mm = (largo_pulso_us / 2000.0) * VelSonido; //duration is in us, speed in m/s. /20k gives c

  //mostrar la distancia por serial
  Serial.print("distancia [cm]: ");
  Serial.println(distancia_mm/10);
}
```

Programación arduino

- Paso 1: Diagrama de conexión



Programación arduino

- Paso 2: Programa mínimo escritura LCD 4 digitos

```
#include <TM1637Display.h>

const int PIN_CLK_TM1637 = 9; //Set the PIN_CLK_TM1637 pin connection to the display_tm1637
const int PIN_DIO_TM1637 = 8; //Set the PIN_DIO_TM1637 pin connection to the display_tm1637

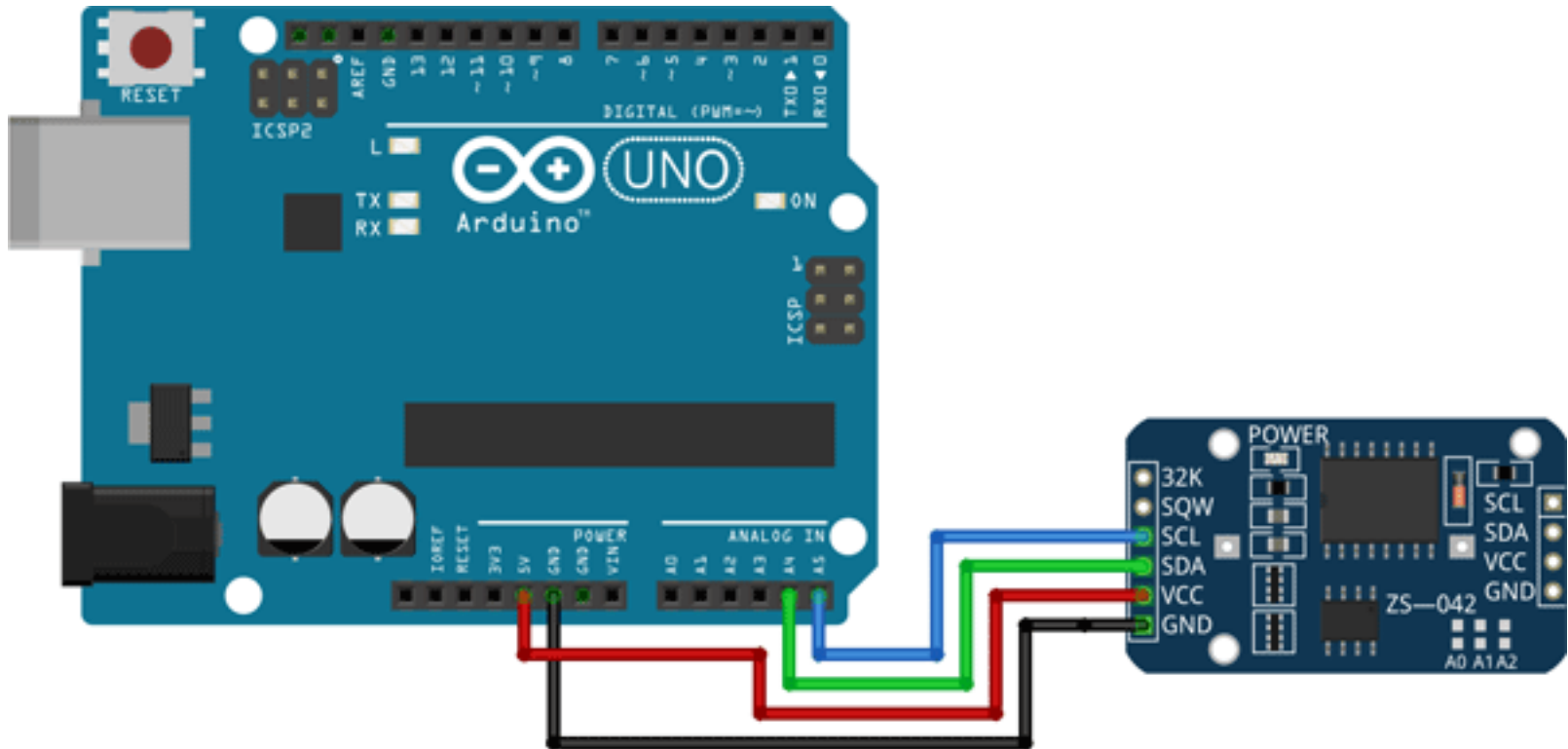
TM1637Display display_tm1637(PIN_CLK_TM1637, PIN_DIO_TM1637); //set up the 4-Digit display_tm1637.

void setup()
{
    display_tm1637.setBrightness(0x0a); //set the diplay to maximum brightness
}

void loop()
{
    |
    for(int num_a_mostrar = 0; num_a_mostrar < 9999; num_a_mostrar+=10) //Interrate num_a_mostrar
    {
        display_tm1637.showNumberDec(num_a_mostrar); //display_tm1637 the Variable value;
        delay(100); //A half second delay between steps.
    }
}
```

Que se puede hacer con arduino? (o procesadores programables)

- Interfaz con múltiples módulos (Reloj)



fritzing

Que se puede hacer con arduino?

```
1  #include <Time.h>
2  #include <TimeLib.h>
3
4  void setup() {
5      Serial.begin(9600);
6  }
7
8  void loop() {
9      // Imprimimos la hora
10     Serial.print("Hora: ");
11     Serial.print(hour());
12     Serial.print(":");
13     Serial.print(minute());
14     Serial.print(":");
15     Serial.println(second());
16
17     delay(1000);
18 }
```

Y así con...

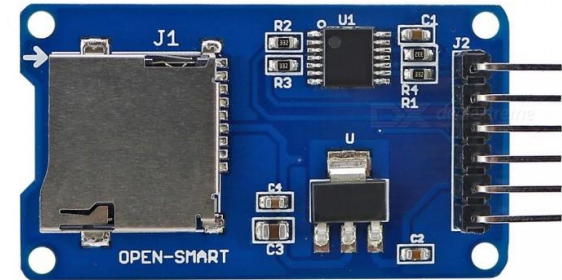
GPS



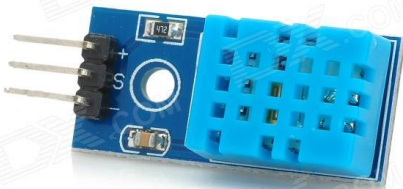
Lidar



Memoria



Temp/Hum



Compas/Aceler/Giro

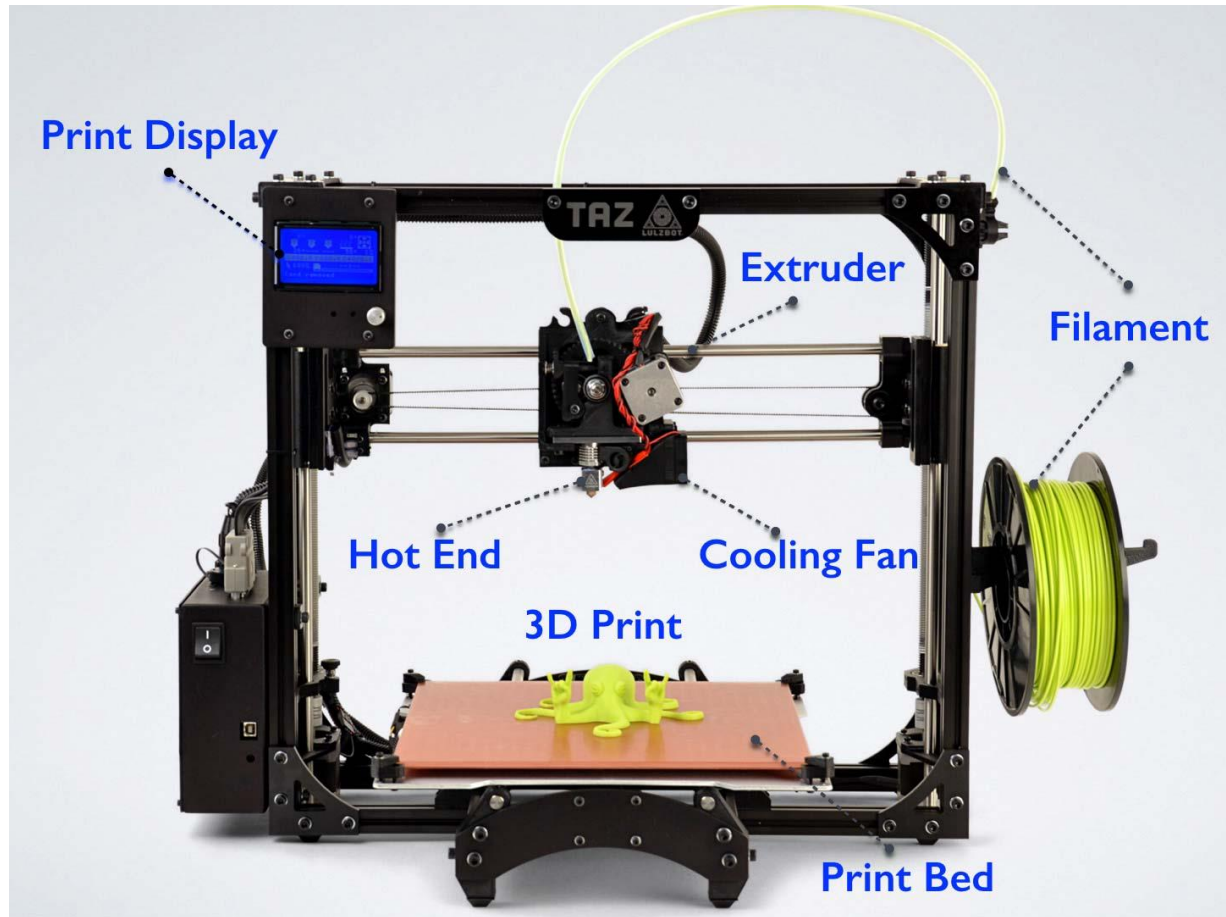


Modems

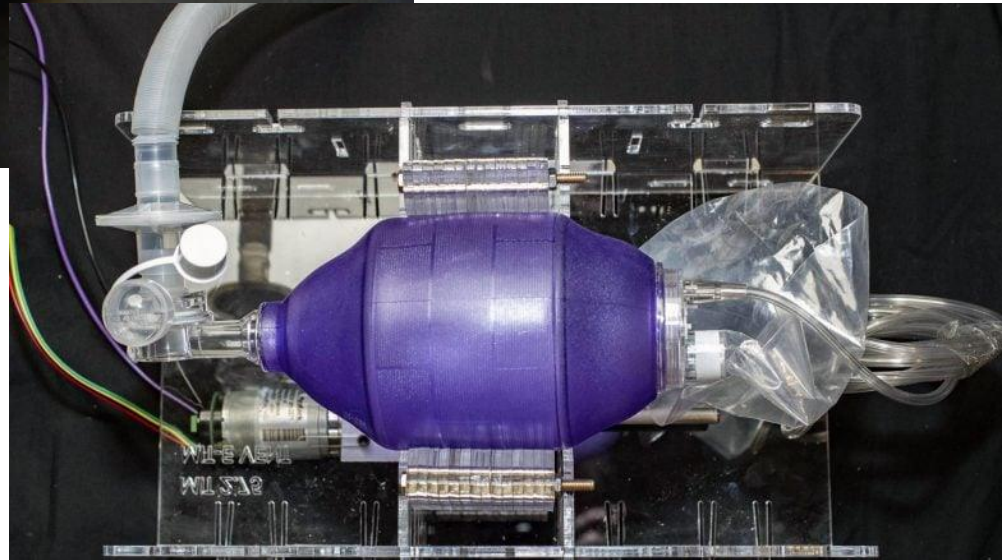
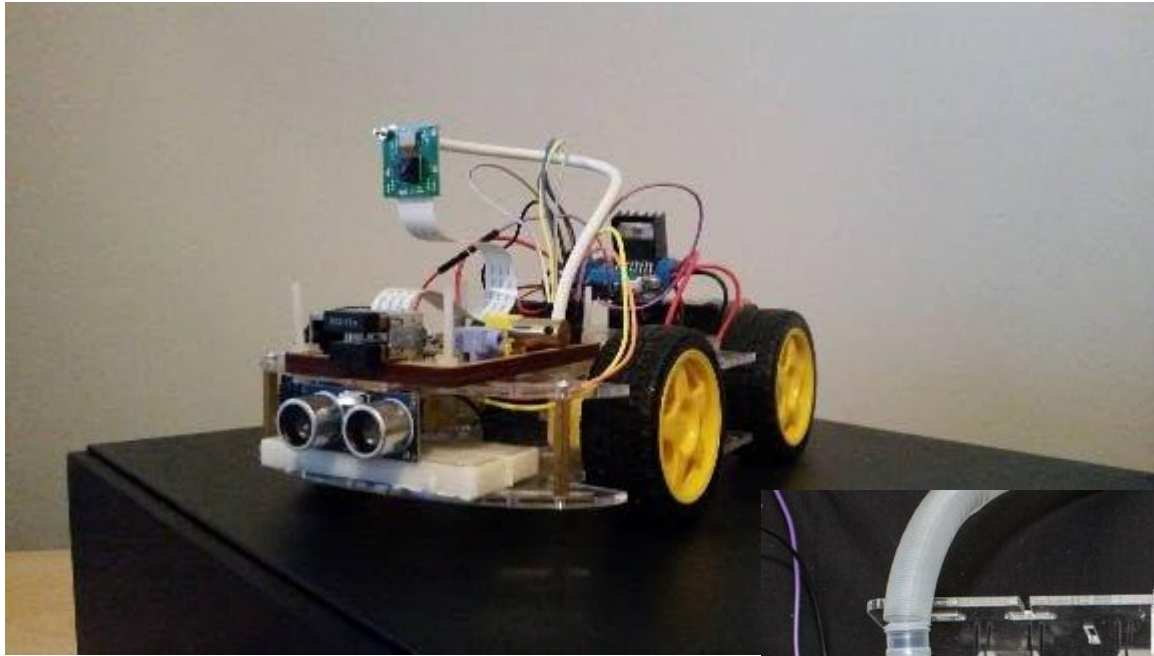


Casi todo directo de los drones

Además: Impresión 3D



Soluciones



Esquema

Problema

Que se debe solucionar?

Sistema
Captura

Sistema
Sensores

Requerimientos
¿Cómo debería ser la solución?

Diseño
Físico

Diseño
Electrónico

Diseño
Sist. operativo

¿Cómo es la
solución?

Prototipos



Fin parte 1

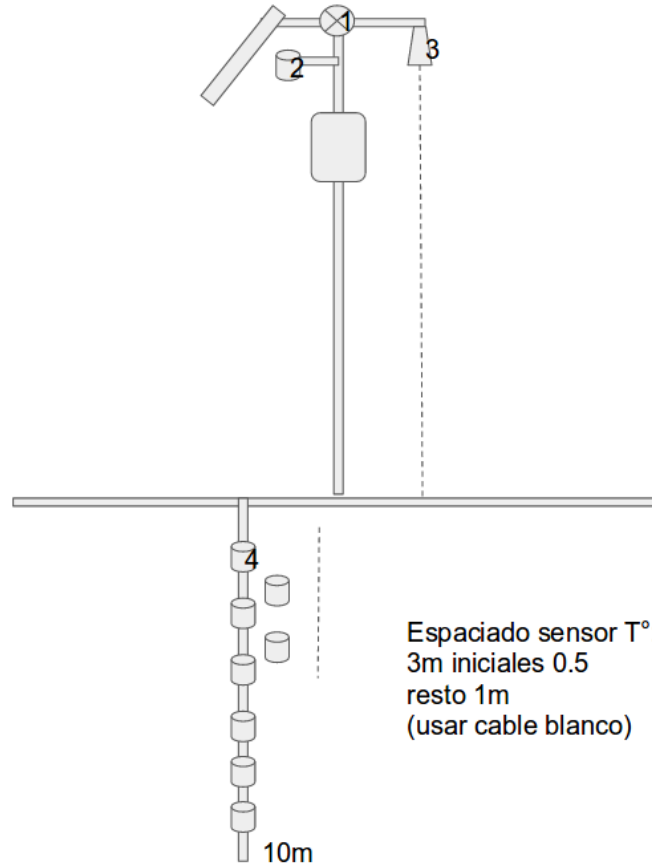


Parte II: Desarrollo de hardware (Desde 0)



2018/2019: Red Antártica (V3), diseño conceptual

Nodos (5x)

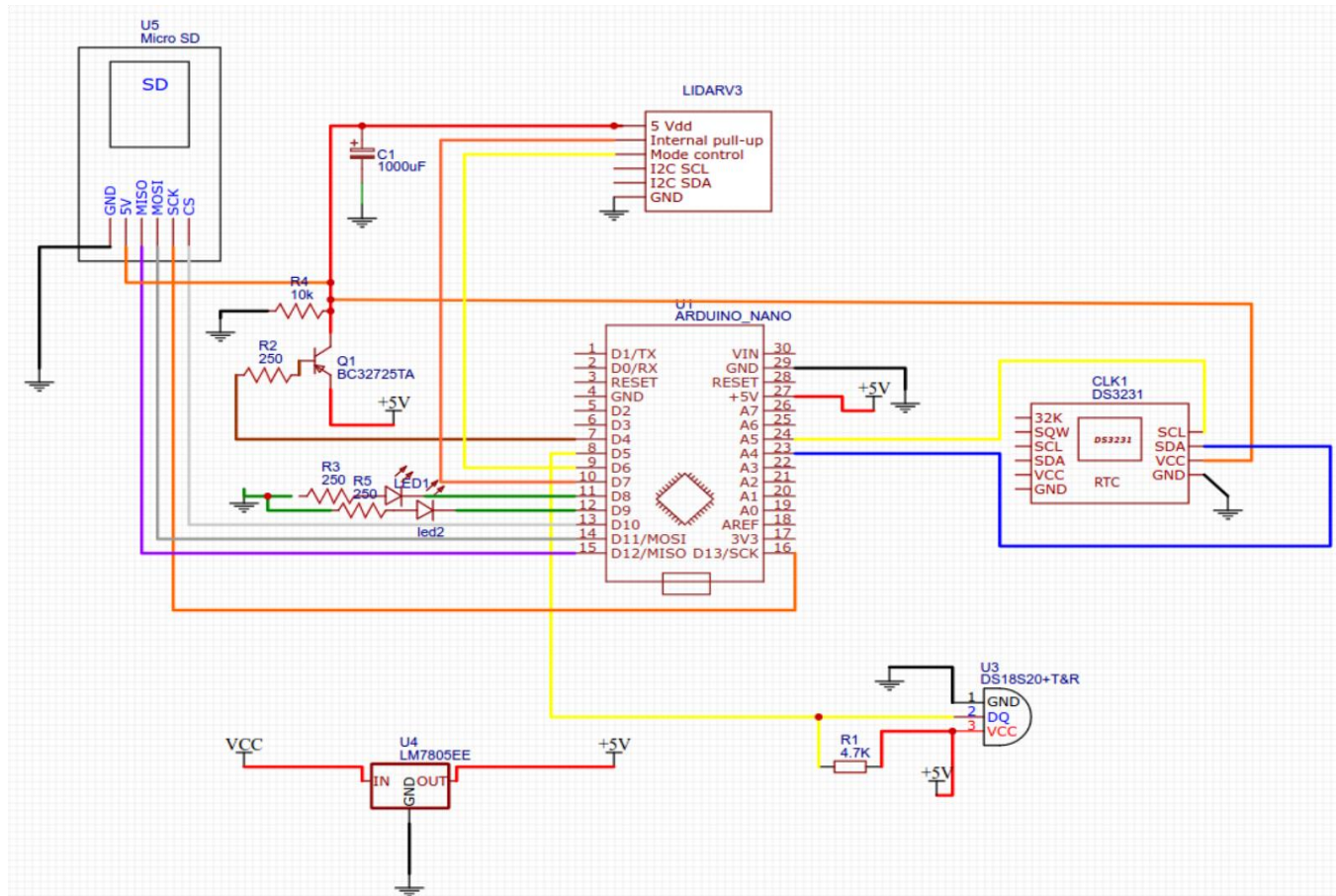


1. GPS
2. T° Aire
3. Altura de nieve
4. T° Nieve 0.5,2.5,...,20.5m
5. Datalogger
6. Batería
7. Panel Solar
8. Regulador
9. Caja NEMA
10. Estructura

Espaciado sensor T°:
3m iniciales 0.5
resto 1m
(usar cable blanco)

10m

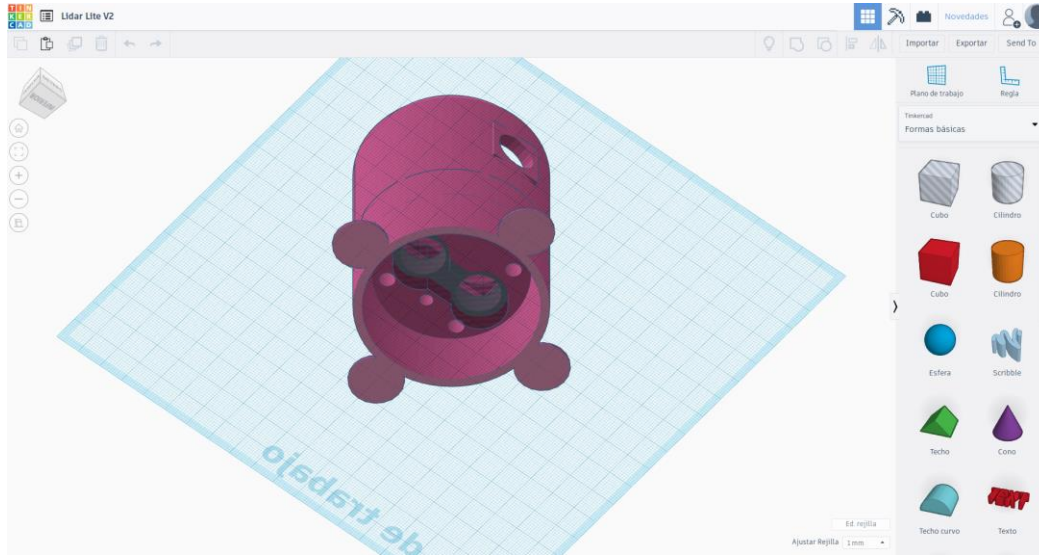
Red Antártica V3, diseño de circuitos



Sistema V3 “Armado”



2018: Red Antártica V3: diseño de carcasa



2018: Red antartica V3



2020: Nodos de altura (V4)

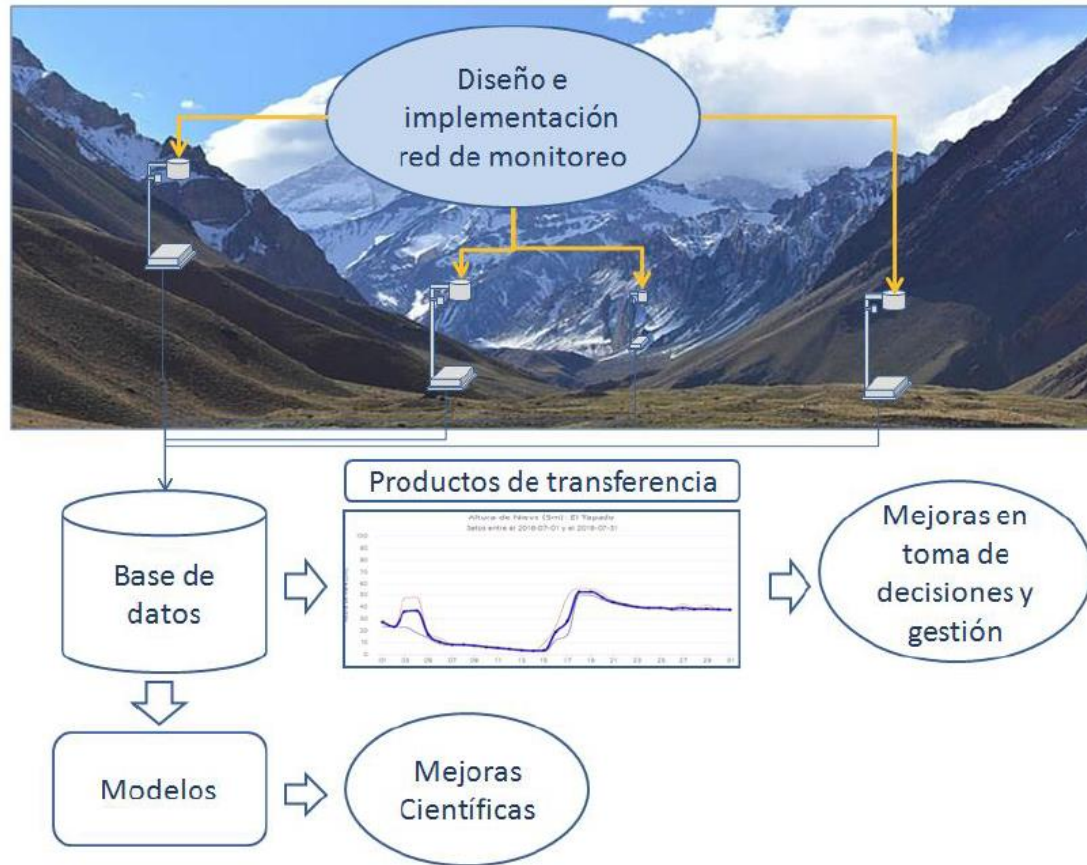
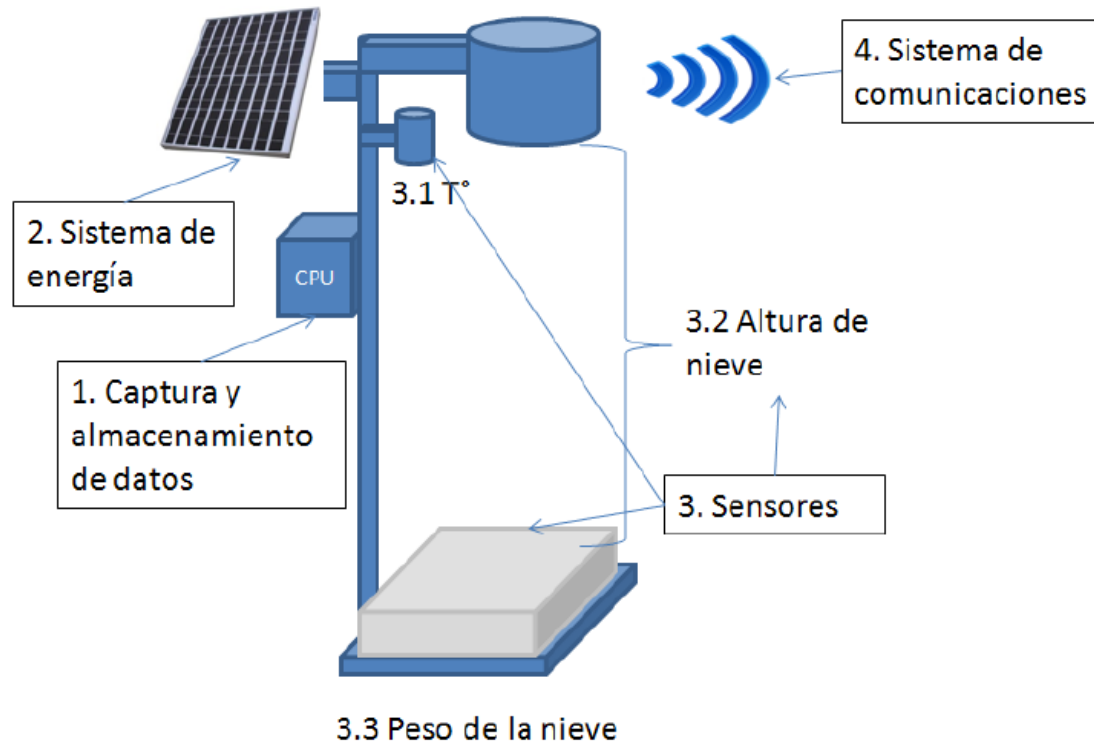


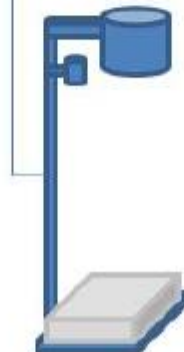
Figura 1. Representación gráfica del proyecto.

2020: Nodos de altura (V4)

Nodo de medición de condiciones nivales
(diseño conceptual preliminar)



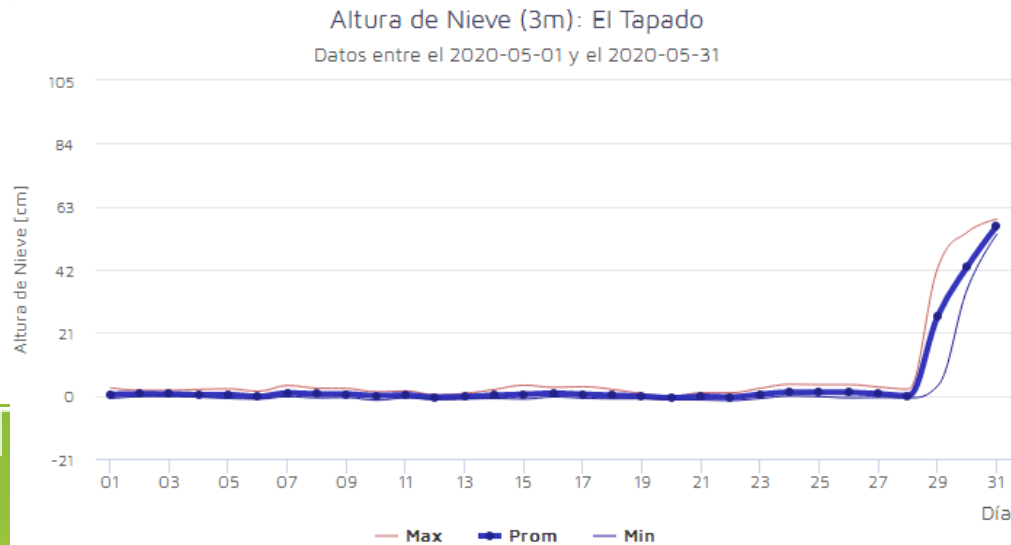
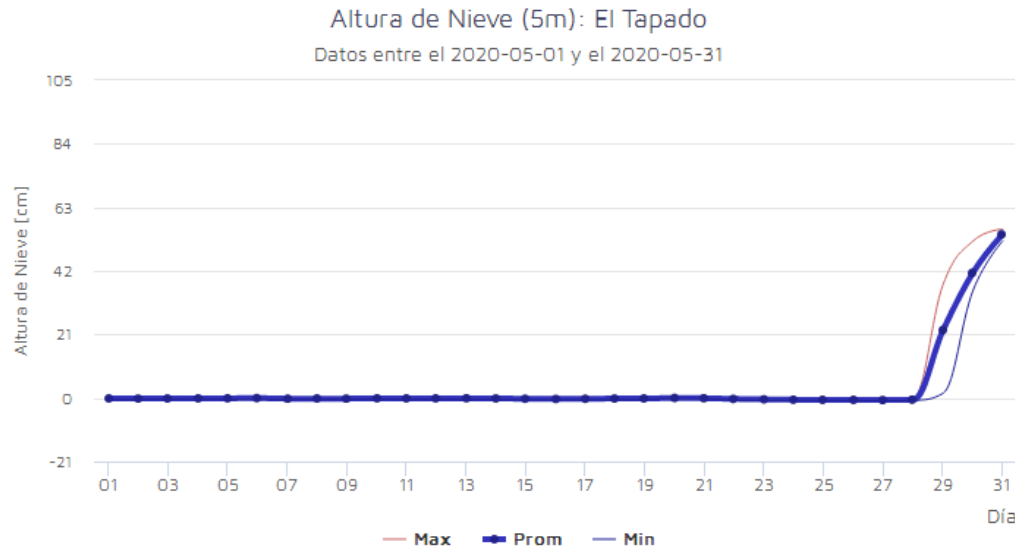
2020: Nodos de altura (V4)



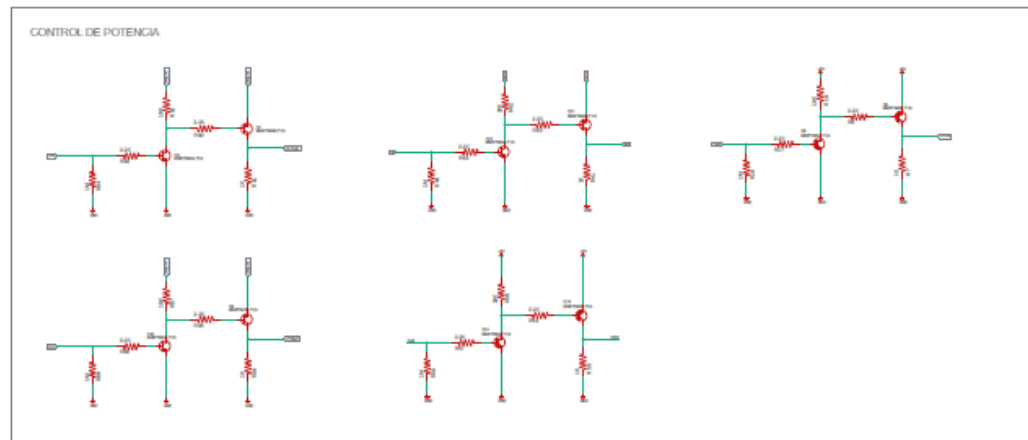
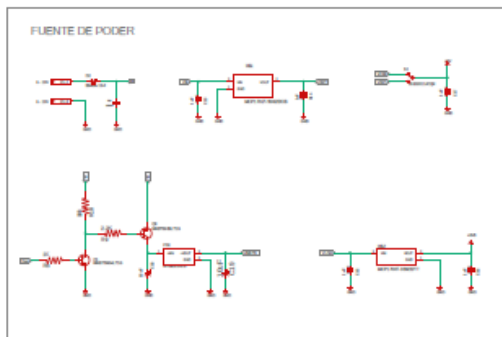
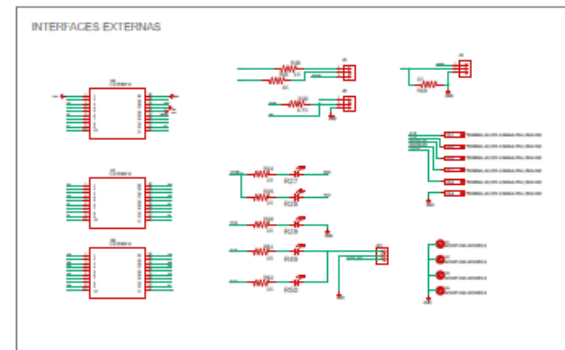
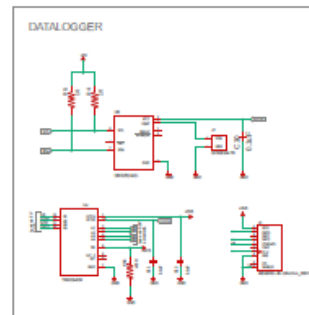
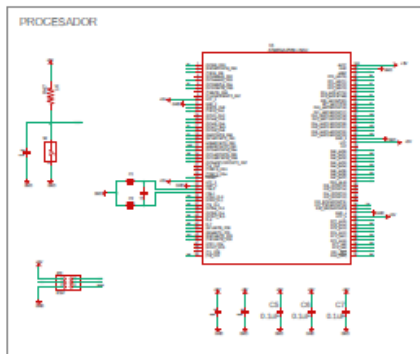
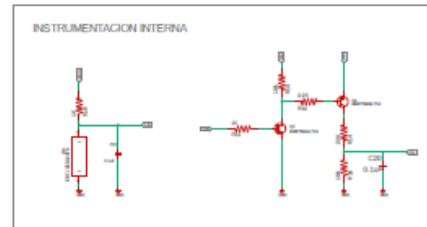
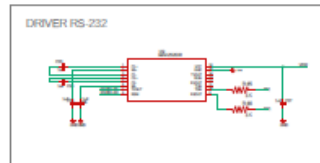
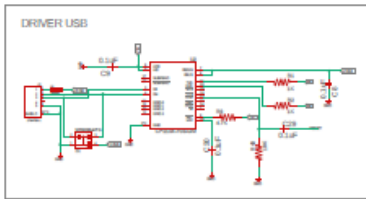
2019: Nodos de altura (V4)



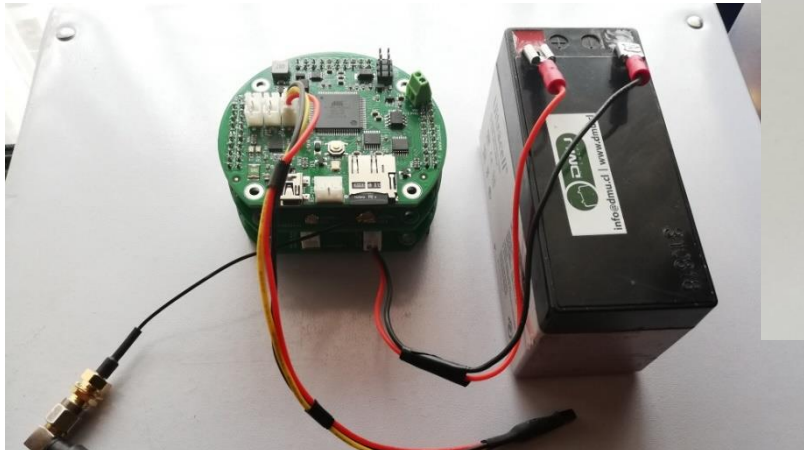
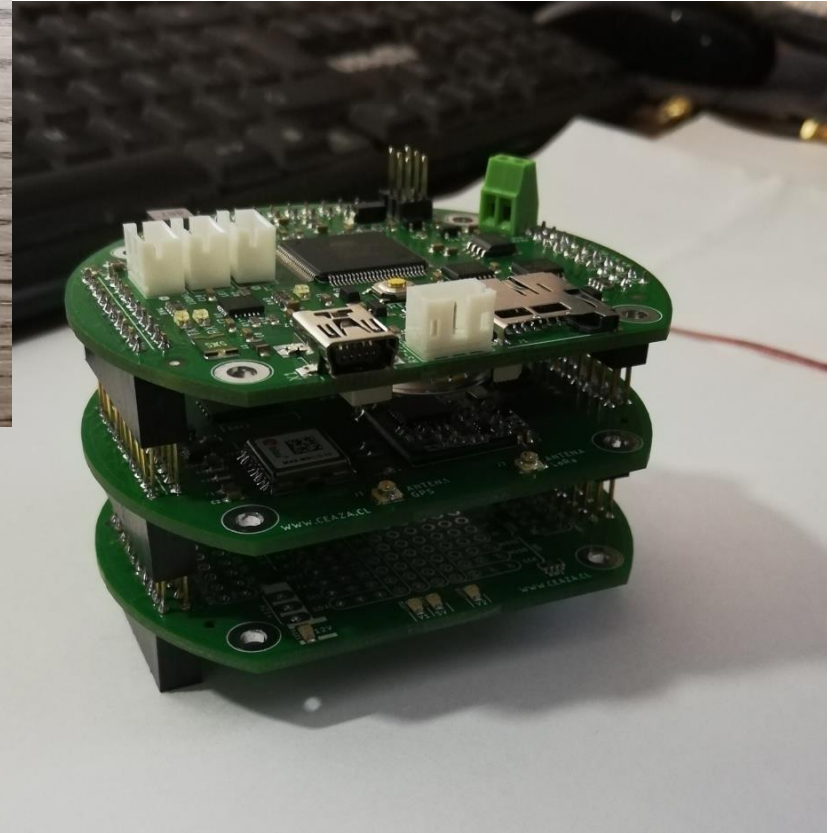
2020: Nodos de altura (V4)



2020: Nodos de altura (V4)



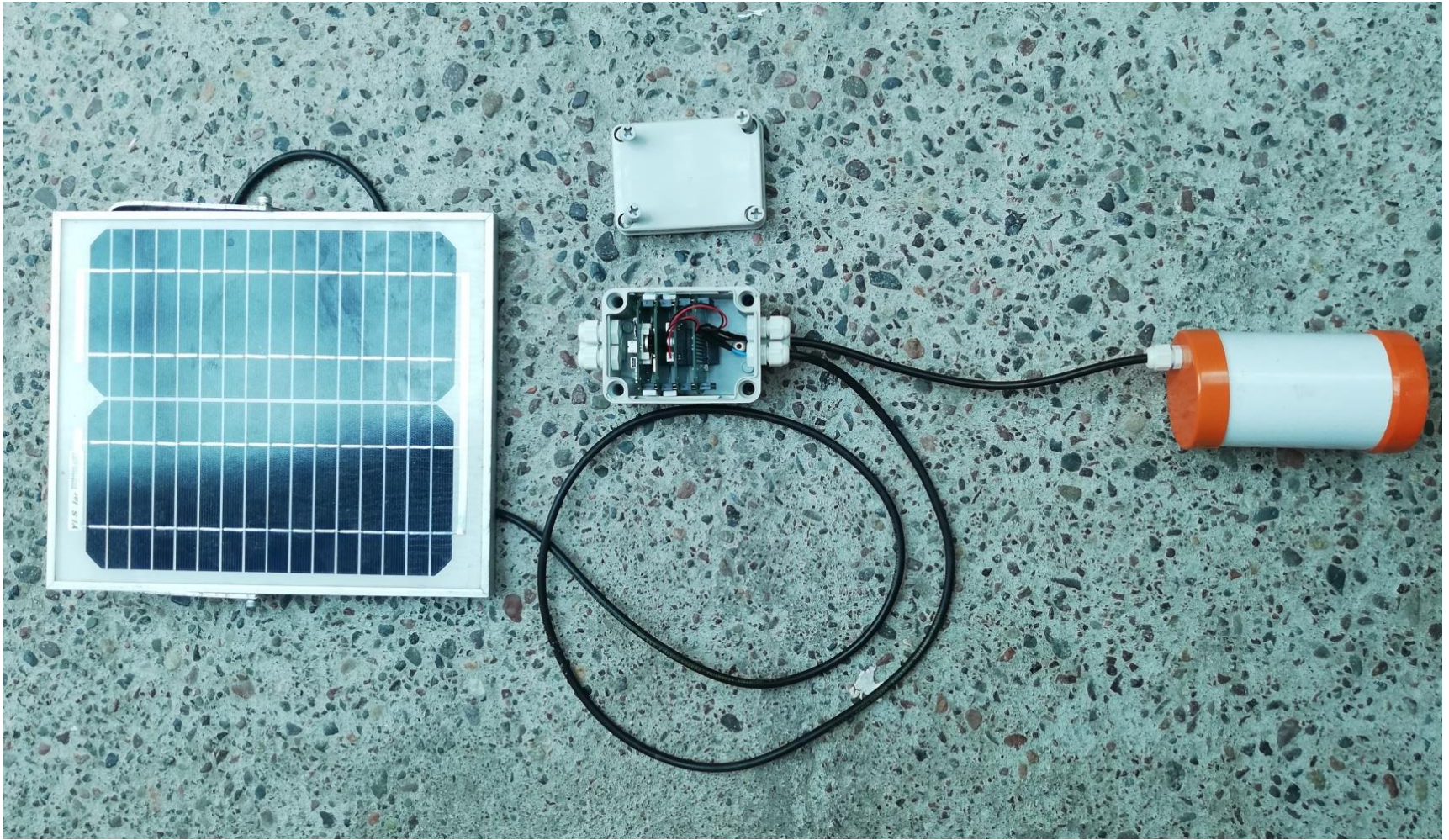
2020: Nodos de altura (V4)



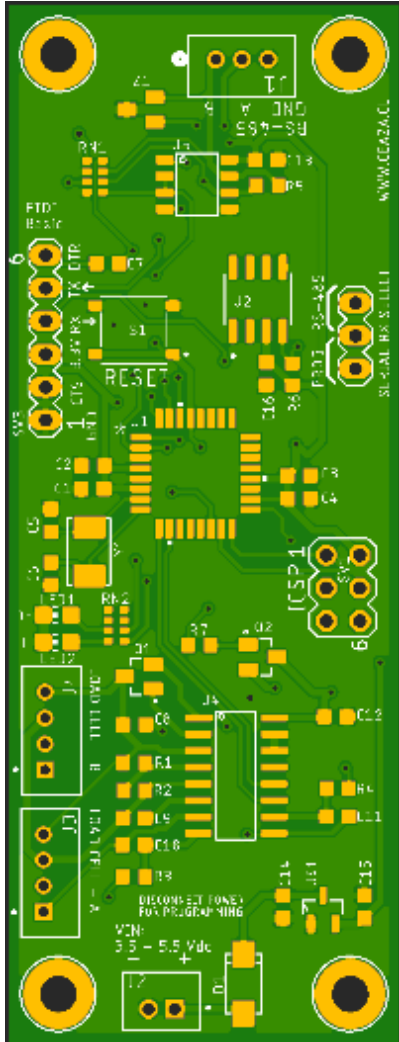
2020: Nodos de altura (V4)



2020: Nodos de altura (V4)



2020: Pesa (Agua equivalente)



Consultas