

# Instructivo Iot\_Incubator-of-Things



## NOMBRE DE LA MÁQUINA

IoT\_Incubator of things

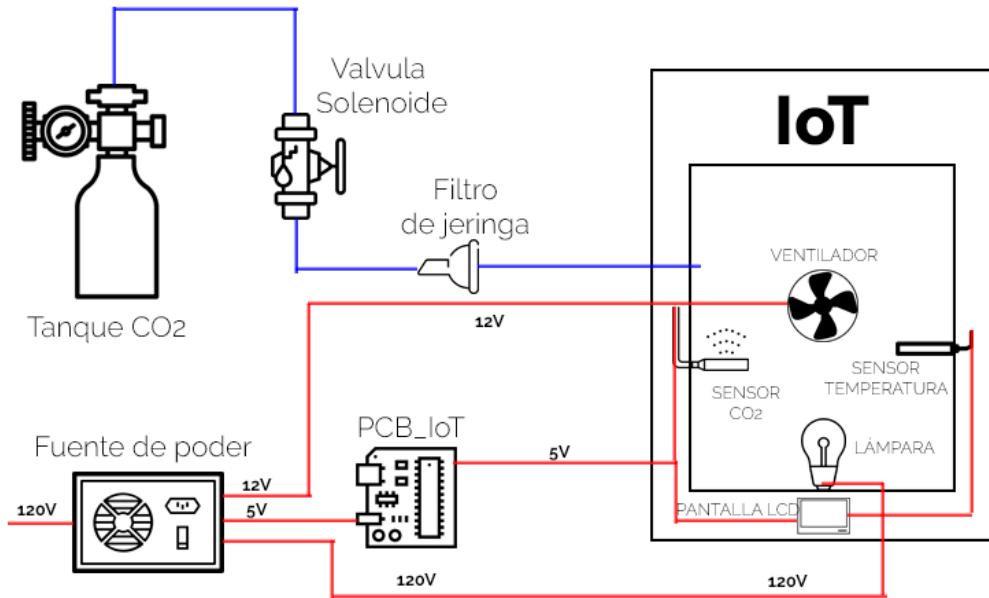
## DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

### Introducción

Este instructivo describe cómo hacer una incubadora de células animales de bajo costo, equipada con un sistema de CO<sub>2</sub> autorregulable y sistema electrónico que permite monitorizar los niveles de temperatura y CO<sub>2</sub> en el interior de la misma además de poder visualizar estos datos vía WIFI a través de un módulo integrado. Esta incubadora tiene aplicaciones para cultivar (casi) cualquier célula en un laboratorio de [DIYbio](#), aplicaciones didácticas de hardware libre (como el diseño y la programación en [Arduino](#)) en el plan de estudios de carreras ingenieriles y/o relacionadas con la Biotecnología, realizar talleres de fabricación digital para científicos, por mencionar algunas. Decidimos mantener un enfoque de utilizar materiales de bajo costo para aumentar su replicabilidad en casi cualquier lugar.

Nuestro enfoque principal para este proyecto, fue desarrollar una incubadora donde se puedan cultivar células de mamífero (p.ej. células de humano, o de ratón), debido a su importancia en el desarrollo de proteínas terapéuticas o vacunas. Mantener la concentración en 5% es crucial para regular el pH de los medios de cultivo de células de mamífero. El módulo de temperatura y el de CO<sub>2</sub> módulos tienen acoplados sensores para controlar dichos parámetros. El control de temperatura es eléctrico y el módulo de CO<sub>2</sub>, regula el flujo del gas por medio de una válvula solenoide. Nuestro elemento diferenciador es un módulo de IoT, que permite integrar a nuestra incubadora dentro de un laboratorio inteligente, donde los parámetros de los diferentes equipos, se pueden monitorear de manera integrada desde un celular.

# IoT = Incubator of Things



## Resumen / Abstract

Las incubadoras son un elemento básico de cualquier laboratorio de DIYbio, utilizadas para el crecimiento de diversos tipos de células. En esencia, una incubadora es una caja con regulación de temperatura. En la comunidad Open Source, hay diversos diseños de incubadoras para cultivos bacterianos, sin embargo, existen pocos prototipos para el cultivo de células de mamífero.

## El Equipo



El equipo está conformado por:

Alejandro Carrillo //, Ing. Físico // Fabricación Digital y ensamblado.  
Rodrigo Gamboa // Ing. Mecatrónico // Electrónica, programación y ensamblado.  
Manolo Flores // Ing. en Biotecnología // Conceptualización y documentación.  
Luis Mayorga // Ing. Químico // Conceptualización y documentación.  
Oscar Díaz // Arquitecto // Diseño, Fabricación digital y documentación.

## Antecedentes

Inicialmente tomamos como referencia la [incubadora](#) de la Waag Society, que fabrican para el Biohack Academy. Este es un curso análogo al Fab Academy, pero de Biohacking. Un eje central del Biohack Academy es el desarrollo de hardware libre para laboratorio de DIYbio, o [Open Labware](#). Ellos utilizan la fabricación de la incubadora, como una intersección entre hardware, software y biotecnología. La clase tiene un enfoque aplicativo para aprender sobre programación en Arduino, fabricación digital y cultivo bacteriano. Sin embargo debido a que ellos utilizan la incubadora únicamente para cultivo de bacterias y nosotros quisimos expandir nuestra aplicación hacia (casi) todas las células posibles.

También nos basamos en el diseño de la [incubadora](#) del Pelling Lab. Hasta la fecha, es el único diseño Open Source para una incubadora de CO<sub>2</sub>. Ellos plantean la necesidad de desarrollar una incubadora de células de mamífero para su utilización en un Laboratorio de DIYbio, puesto a que las incubadoras de CO<sub>2</sub> convencionales (ej. Thermo Fisher ) tienen un precio muy elevado. Teniendo en cuenta los materiales utilizados, antes de iniciar este proyecto, hicimos un análisis económico y nos dimos cuenta que, desarrollar este prototipo, disminuye el precio ~10 veces. Por lo tanto, debido a que es un equipo esencial en un laboratorio académico de Biotecnología, concluimos que valía la pena contribuir a aumentar las capacidades de los diseños Open Source propuestos previamente.

Más referencias [aquí](#).

## Criterios principales

**Fabricabilidad** de *Incubator of things* es alta ya que todos los elementos que la conforman son de fácil acceso, de bajo costo o se pueden fabricar en cualquier fablab o makerspace con máquinas básicas.

- Sistema CO<sub>2</sub> : cualquier distribuidora de material para equipos de gas, agua o similares.
- Electrónica: a excepción del sensor de CO<sub>2</sub> especial, todo lo demás se adquiere en cualquier tienda de electrónica o de electrónicos de reciclado ( en nuestro caso ventilador, lámpara y fuente de poder).
- Diseño: uso de software abierto de diseño y generación de archivos de fabricación.
- Fabricación Digital: uso de materiales y máquinas básicas de prototipado de cualquier makerspace o fablab.

**Replicabilidad** de *Incubator of things* es fácil ya que se proporciona todos los archivos necesarios para su manipulación, modificación a componentes, materiales o piezas

locales así como su fabricación, así como una guía básica de como adquirir los materiales.

**Creatividad** de *Incubator of things* se basa en crear una máquina que normalmente es de alto costo y de uso básico de un laboratorio de biotecnología solucionando esto a través de circuitos básicos de electrónica incluyendo un módulo de WIFI que genera su propia IP para monitorear los niveles de CO<sub>2</sub> y temperatura ya sea directamente en la incubadora o en un smartphone.

**Impacto** de *Incubator of things* es que apesar de ser un equipo crucial en el trabajo rutinario de laboratorio en un *biohackerspace*, los diseños de incubadoras actuales están enfocados en el cultivo de bacterias. Sin embargo, el cultivo de células de mamífero es importantísimo para poder traducir experimentos de biotecnología con un impacto social mayor, como el desarrollo de vacunas. Para poder cultivar células animales se necesita añadir un módulo de CO<sub>2</sub> al prototipo, debido a que este es funciona como un buffer, o regulador de pH en homeostasis. Además que el bajo costo y los demás criterios mencionados aumentarán la diseminación del proyecto para que se reproduzca hasta en los lugares más inhóspitos.

## LISTA DE MATERIALES

Puedes igual accesar al [BOM \(bill of materials\)](#) de *IoT* que incluye costos, referencias externas y datasheets.

### Materiales

- 1 Hielera de unicel.



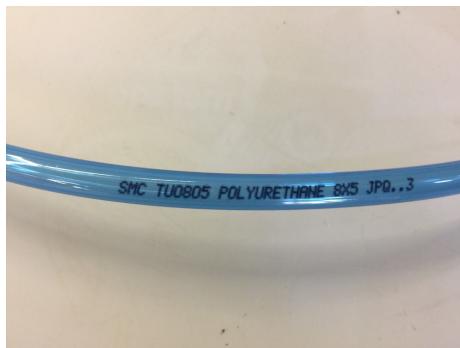
- 1 Tanque de CO<sub>2</sub> Tippmann 12Oz



- 1 Placa de acrílico 3mm transparente 50x30cm.
- Flujómetro de CO2 (viene con sus 3 accesorios)



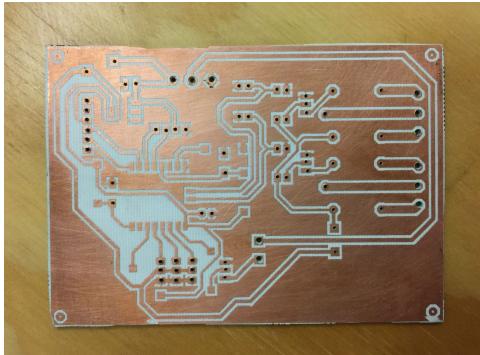
- Mangueras de poliuretano de mm diámetro interior 5mm.



- Mangueras de pecera de diámetro interior 3mm
- Portafiltros Millipore.
- Filtro Millipore de 0.33 micras



- 14 paños de 90 x 60 de MDF 3mm
- Placa fenólica.



- Cloruro Férrico.



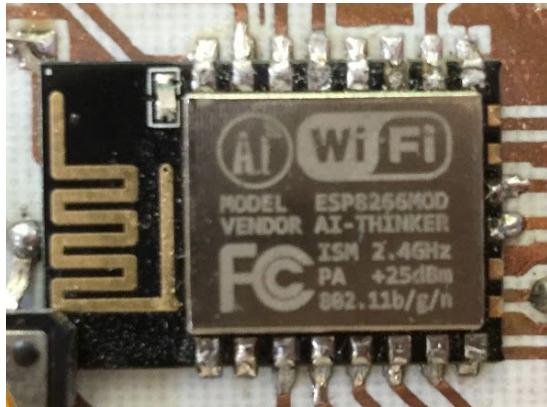
## Componentes Electrónicos

Todos los componentes electrónicos se pueden obtener en cualquier tienda de electrónica o reciclados, a excepción del sensor del CO<sub>2</sub> que se consigue fuera del país en [CO2meter](#) que tiene envío que tarda una semana (contemplar pago de envío y aduanas).

- Válvula solenoide 110V



- Modulo wifi ESP 8266-12



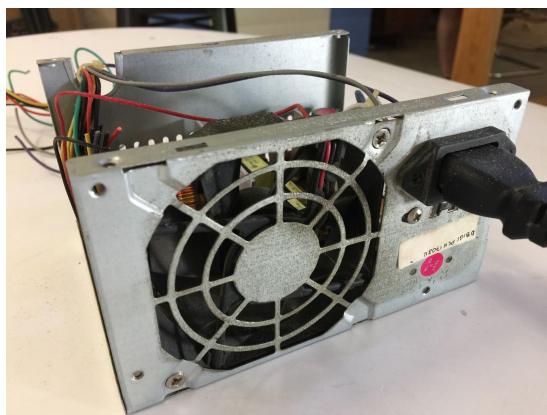
- Sensor CO<sub>2</sub> COZIR 0-20%



- Sensor temperatura Dallas DS18B20 Waterproof



- 1 220 Ohm resistor LED resistor
- Fuente de poder ATX KMEX (reciclada de una computadora vieja)



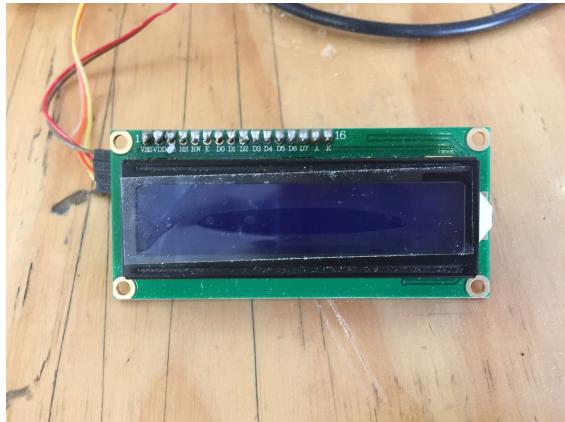
- MOSFET
- Transistor TIP 120
- Ventilador de 12 V



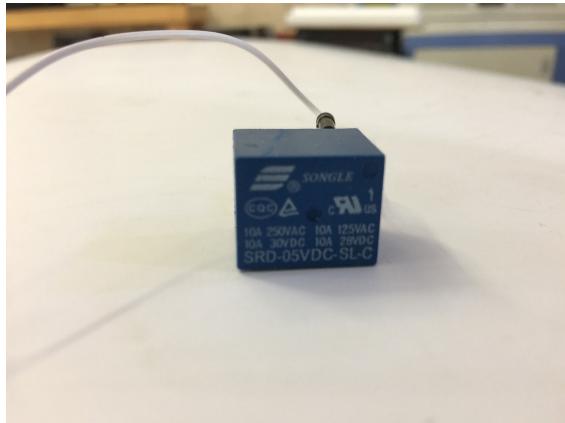
- Foco fluorescente T12 23W CDL



- Socket cerámico para foco
- 7 segment Display
- 4 Resistores 10 K ohms
- Diodo 1N4007
- Transistor NPN Epitaxial Darlington Transistor
- Protoboard
- Cables
- Jumpers
- Headers
- Transistor NPN Low Power Bipolar Transistor
- LCD Display 16x2, con interfaz I2C



- 1 relay srd-05vdc-sl-c



## MÁQUINAS NECESARIAS PARA LA FABRICACIÓN

- Cortadora láser
- Impresora 3D
- Dremel 4000
- Estación de soldadura

## PASOS PARA ARMAR LA MÁQUINA

### Flujo de trabajo

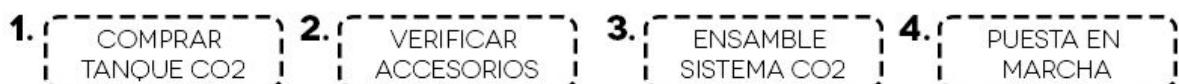
Para la fabricación de *Incubator of Things* describiremos uno a uno los pasos en un orden preferencial para lograr eficientar el tiempo (y dinero) para lograr tener en funcionamiento la máquina. Dividiremos *IoT* en 5 etapas principales.

## **\_FLUJO DE TRABAJO INCUBATOR OF THINGS**



Adquisición y ensamble del sistema de CO<sub>2</sub>.

## **\_ADQUISICIÓN Y ENSAMBLE INCUBATOR OF THINGS**



La parte más importante de *IoT* es el sistema de CO<sub>2</sub> integrado, el conseguir el tanque es relativamente fácil pero tenemos que puntualizar que los accesorios, conexiones,etc de los tanques de gotcha son un poco más estandarizados que otros como el SodaStream (que tambien es opcion comprar pero comprar igual adquirir su adaptador que es único). Ambos pueden servir solo hay que cuidar las conexiones sean del mismo tamaño.

El sistema de CO<sub>2</sub> está compuesto por un tanque de CO<sub>2</sub> (conseguido en una tienda de gotcha), conectado a tres adaptadores (apretados a presión) y estos a un flujómetro de CO<sub>2</sub>. Si no estás familiarizado con comprar material industrial, cuando vayas a comprar los adaptadores, el flujómetro, y el solenoide procura llevar el tanque a la tienda para que ellos te ayuden a elegir las conexiones necesarias. Debido a que los tanques de CO<sub>2</sub> en Mérida, México normalmente se utilizan para uso industrial, conseguir los adaptadores de un tanque de gotcha al convencional de CO<sub>2</sub>, fue bastante difícil. De hecho, inicialmente, basándonos en el del Pelling Lab, compramos un SodaStream, pero no lo utilizamos debido a la dificultad de conseguir el adaptador con un tornero.

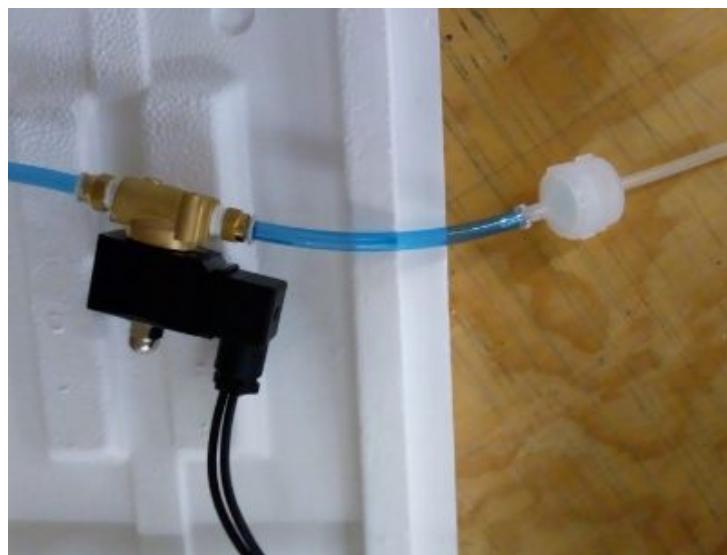


Tanto para la entrada del tanque como para los accesorios siguientes hay que verificar que sea la medida (en este caso 5mm para la manguera), técnicamente cuando compres el tanque compra los accesorios en el mismo lugar. Para colocar las conexiones y el manómetro se requiere de una perica y cinta teflón para asegurar las conexiones sin ninguna fuga entre cada uno.





Posteriormente del flujómetro se conecta una manguera de poliuretano de 5mm diámetro interior a un filtro Millipore de 0.33 micras para esterilizar la entrada del CO<sub>2</sub>. Despues sale una manguera de pecera de diámetro interior 3mm y se conecta a una válvula solenoide (normalmente cerrada), que se abre para permitir la entrada de Co<sub>2</sub>.



Circuitos Electrónicos.

## **\_CIRCUITOS ELECTRÓNICOS** INCUBATOR OF THINGS



Muchos de los materiales se pueden comprar en el mismo lugar o pedir fácilmente por internet, solo el sensor de CO<sub>2</sub> es especial de pedir.

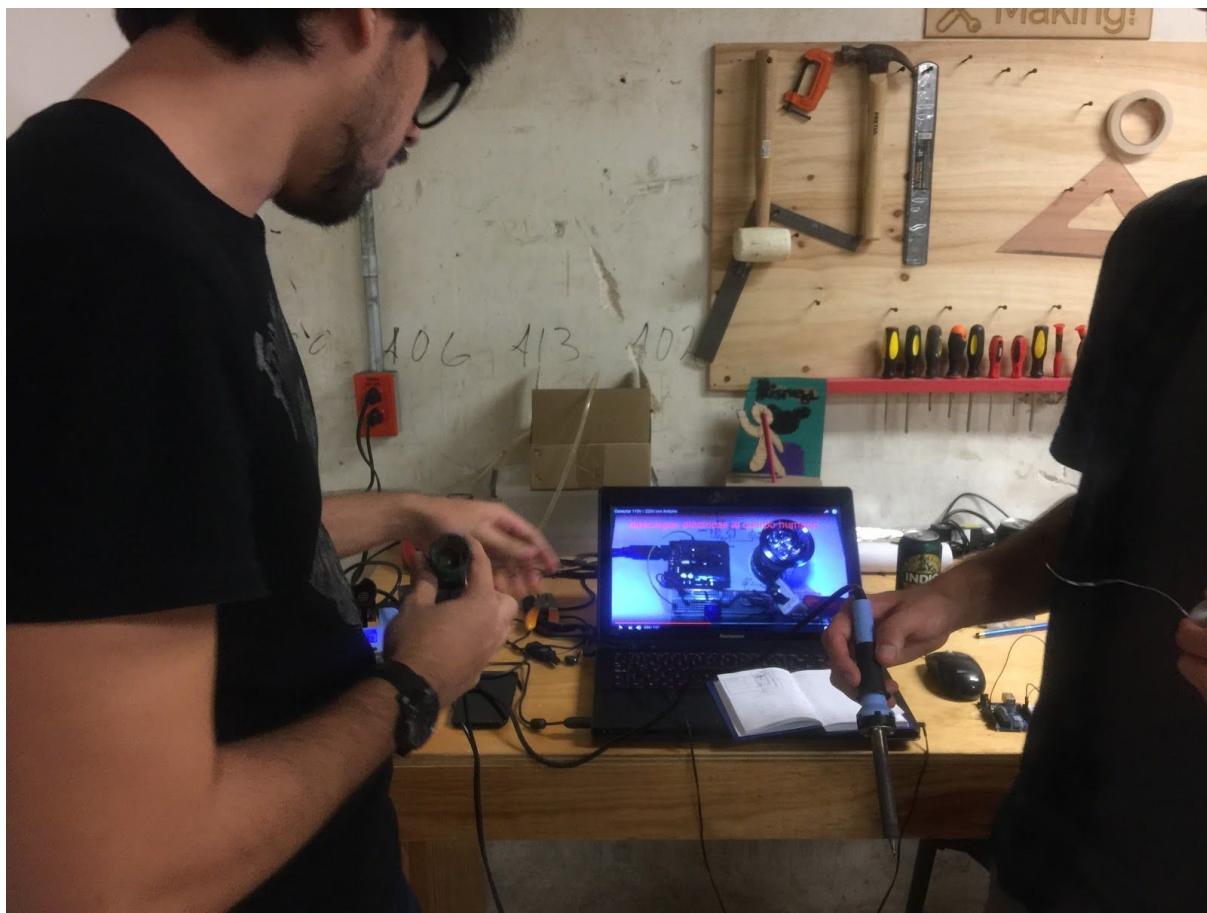
Los circuitos se dividieron en etapas para facilitar su armado:

1. Sensado de temperatura y CO<sub>2</sub>
2. Control de temperatura y CO<sub>2</sub>
3. Display

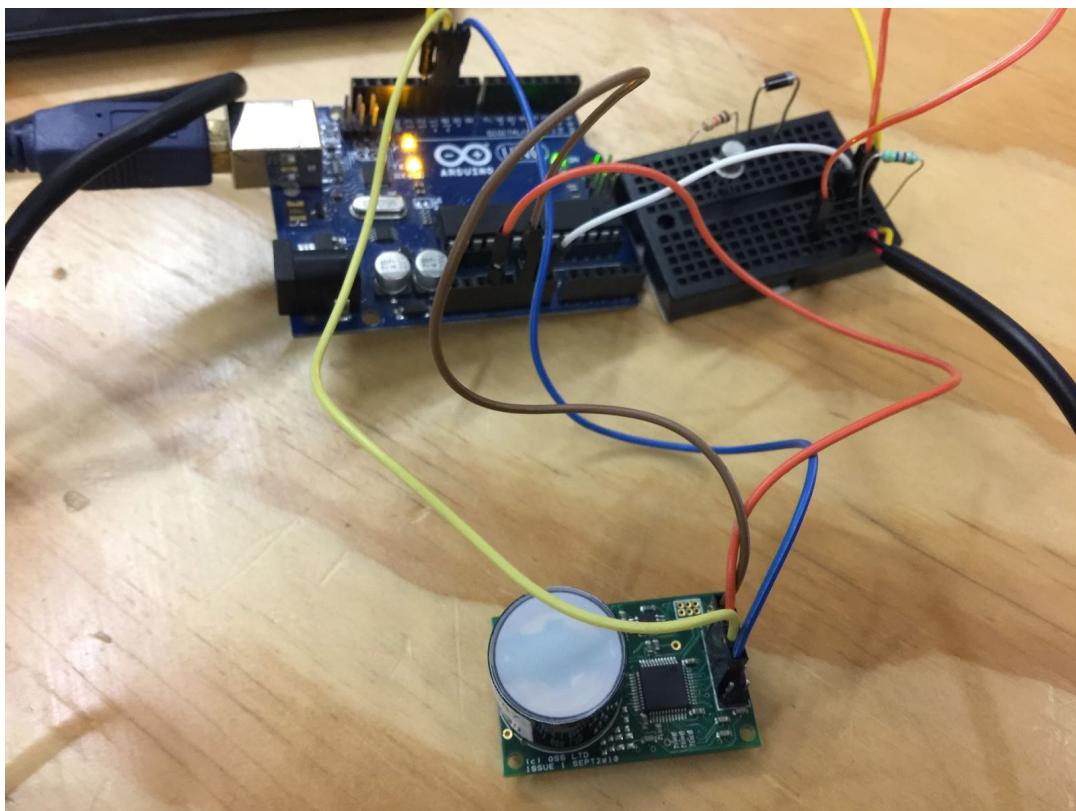
Para el monitoreo de temperatura del sensor Dallas DS18B20 se utilizó de referencia [este circuito](#) que cuenta con las conexiones de GND, VCC (5V) y SIGNAL, utilizando una resistencia de 4.7kOhms en modo [pull-up](#). Este sensor utiliza el protocolo 1-Wire, lo que permite que puedan conectarse varios sensores con este mismo protocolo de forma [parasitaria](#) al mismo pin digital del microcontrolador. Cabe destacar que, originalmente, se tomó en cuenta el [diseño del Pelling Lab](#) para realizar las conexiones del sensor, pero nos dimos cuenta que algunas conexiones no coincidían con el [datasheet del DS18B20](#), así que nos guiamos por el datasheet.

Para el monitoreo de los niveles de CO<sub>2</sub> se utilizó un sensor COZIR CO<sub>2</sub> 0-20% digital. Para las conexiones del sensor se utilizó [la siguiente referencia](#), la cual tiene una confusión en cuanto a que el diagrama que se muestra está bien conectado pero no coincide con lo descrito en la tabla, aunque eso no es mucho problema, en caso de que no sensara nada el circuito nada más se intercambian los pines de RX y TX. Para evitar dudas acerca de conexiones del RX y TX se tomó de referencia [este datasheet](#). El pin RX del sensor (pin 5) se conecta a un pin digital del microcontrolador, programado como TX, y el pin TX del sensor (pin 7) se conecta a otro pin digital del microcontrolador, programado como RX.

Para el módulo CO<sub>2</sub> nos basamos en el [diseño del Pelling Lab](#), como referencia. Sin embargo, encontramos varios errores en las conexiones de los circuitos electrónicos. En específico de los circuitos del [ventilador](#) tenía X y el de [temperatura](#) están mal documentados.



Para el sensor de CO<sub>2</sub> utilizamos un [COZIR 0-20](#) con un rango de sensado de 0-20%.

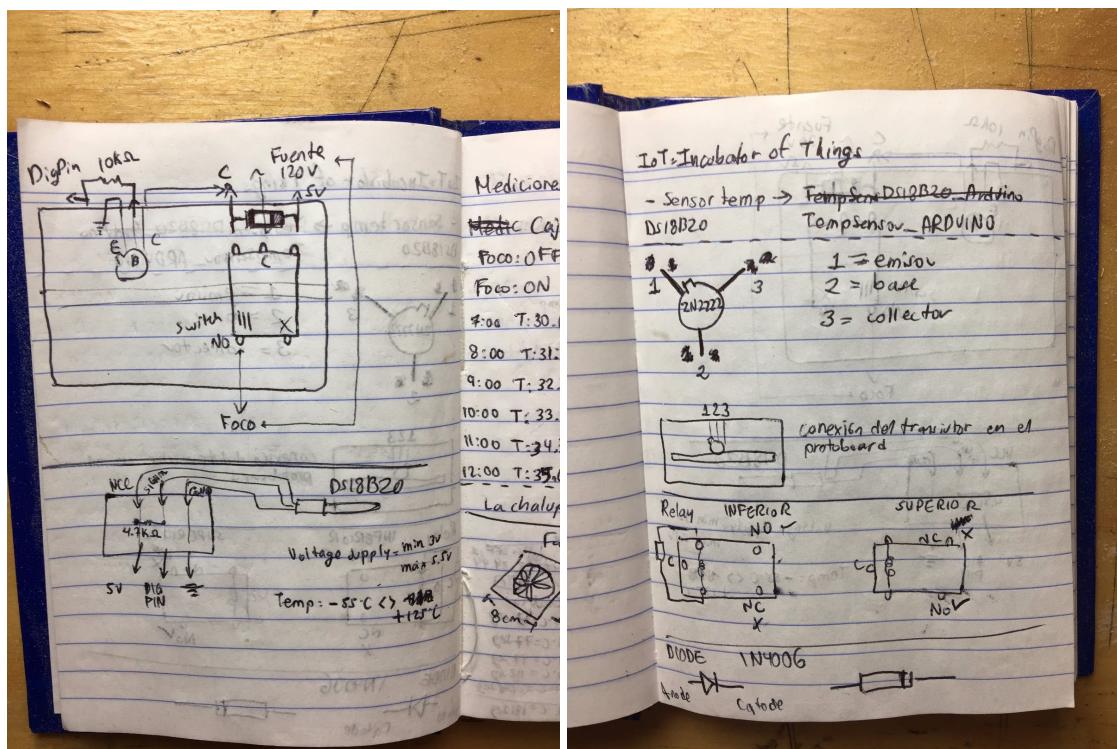


Sin embargo, el [código de Arduino de la página](#) tenía un error. El diagrama aparece bien conectado, sin embargo en la descripción el pin 12 y 13 están conectados al revés. El sensor [COZIR wide range](#) fue el componente más costoso de la incubadora.

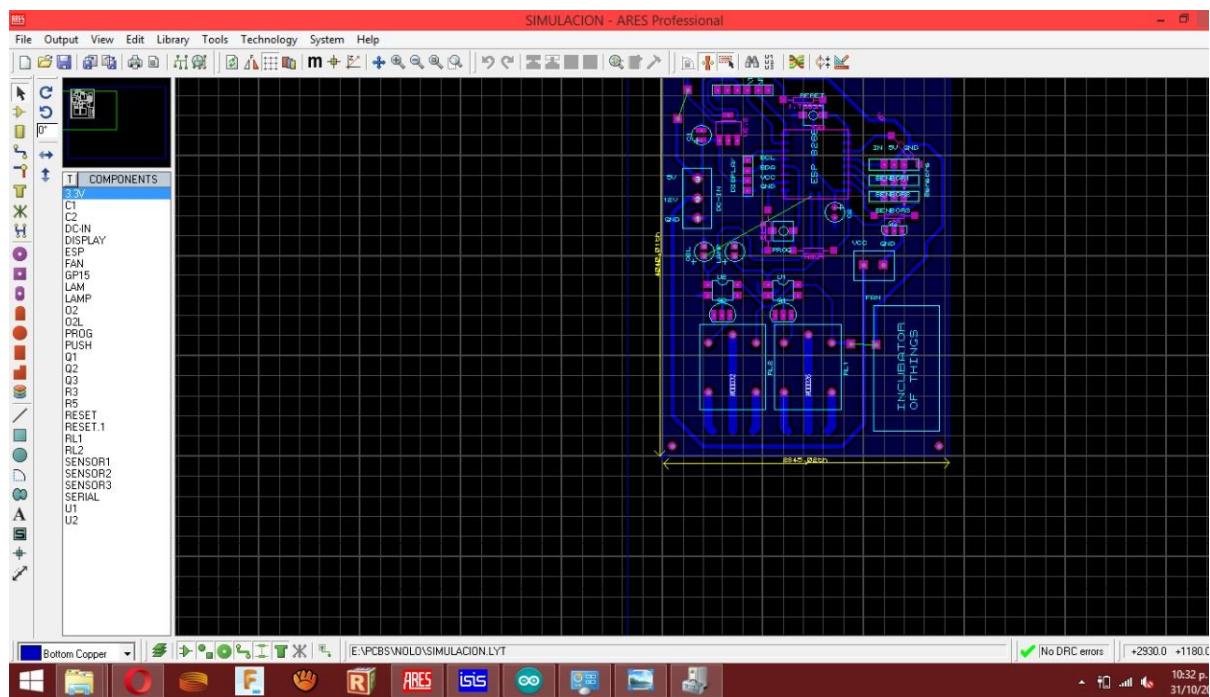
Para el módulo WiFi, utilizamos un [ESP 8266-12](#). Se necesitan descargar las librerías del ESP8266 para Arduino. Se necesita utilizar un programador [FTDI de 5V](#).

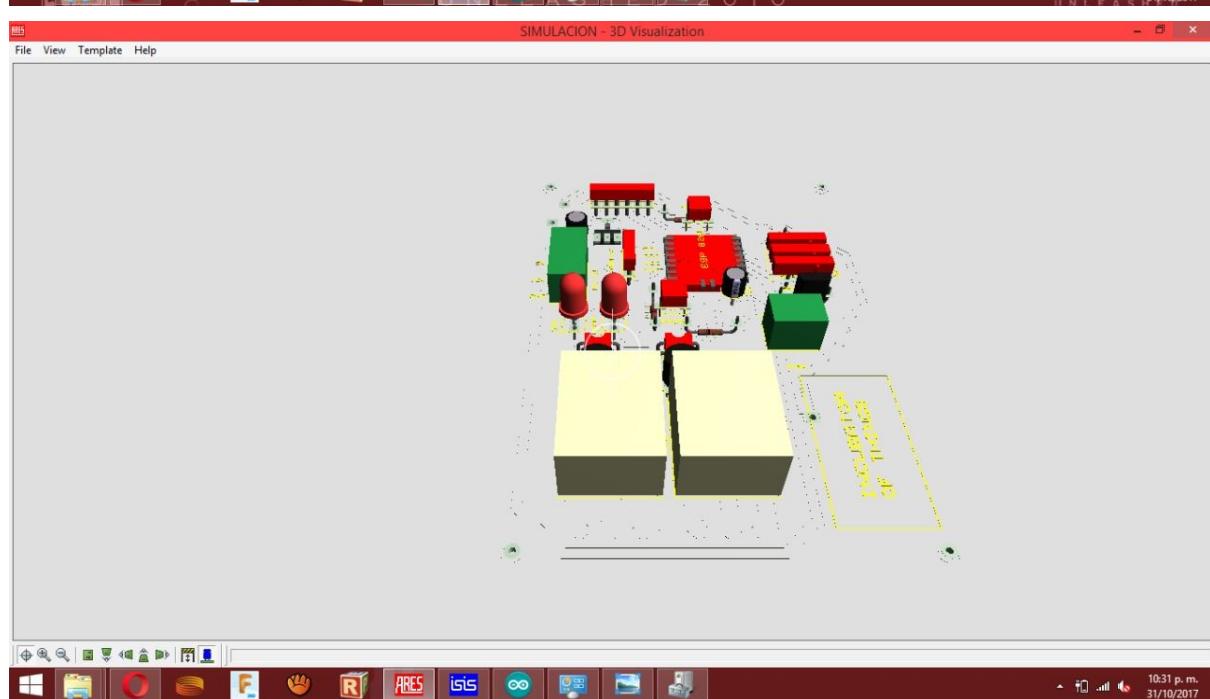
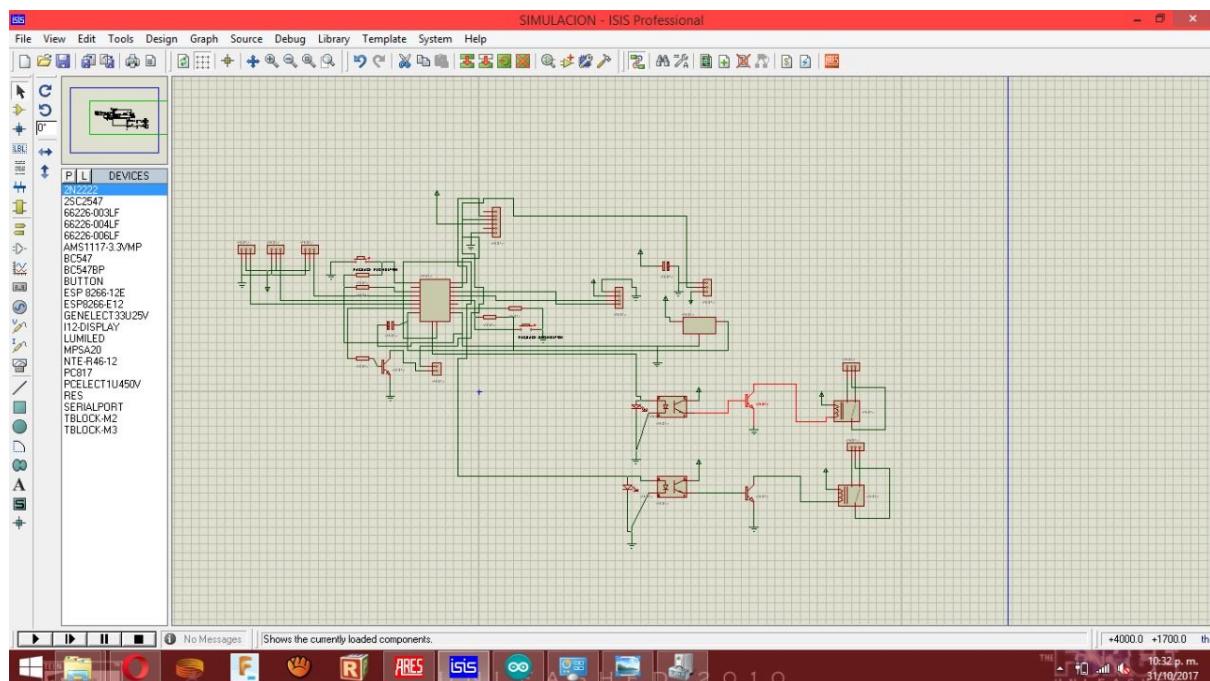
Para programarlo se tiene que conectar y poner en modo de flasheo, para que puedas meterle códigos de Arduino. Posteriormente, se pueden cargarle códigos de Arduino, como normalmente se hace.

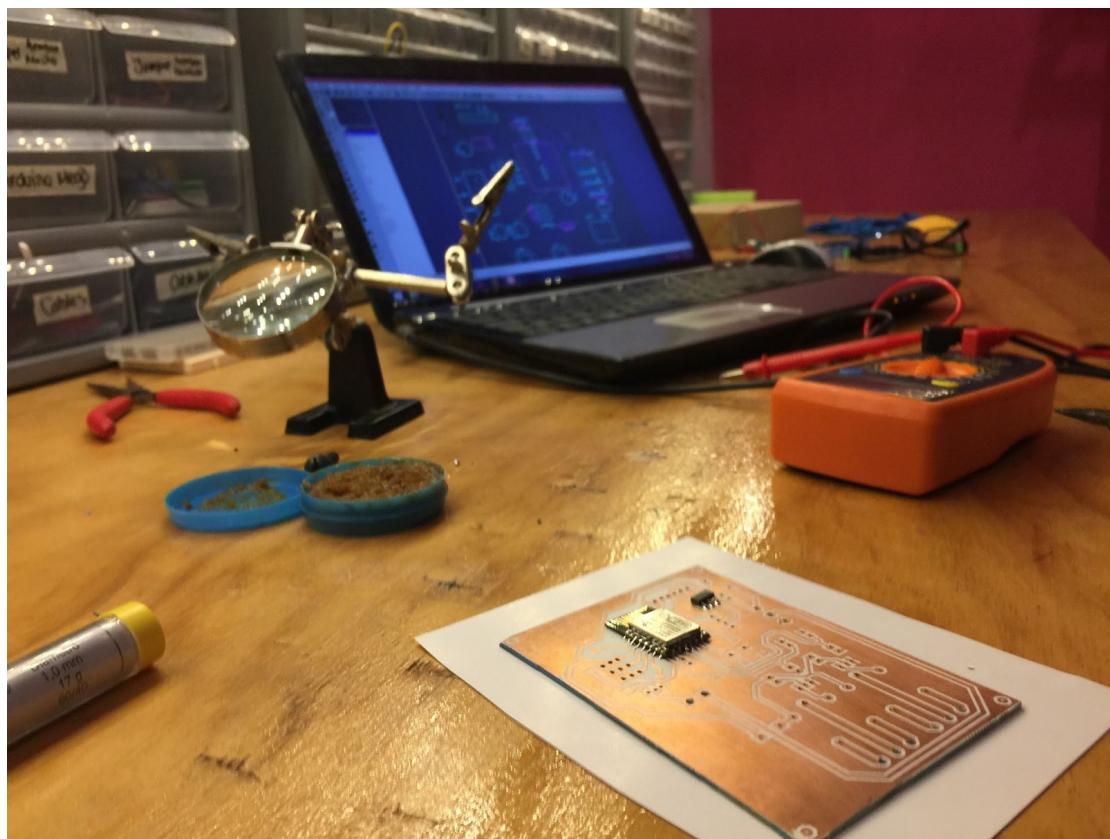
Siguiendo los diagramas de Fritzing, crear los circuitos: del ventilador, foco, display, sensado de CO<sub>2</sub> y temperatura.



Para la PCB se realizó el diseño en el software [Proteus](#) (pero también se puede realizar en [Eagle](#)). Se utilizó una impresora X en papel couché para imprimir el diseño. Posteriormente se pegó en la placa de cobre utilizando una plancha. Paso siguiente se dejó remojando en agua para desprender el papel. Por último se le agregó Cloruro Férrico ( $\text{FeCl}_2$ ) para terminar.



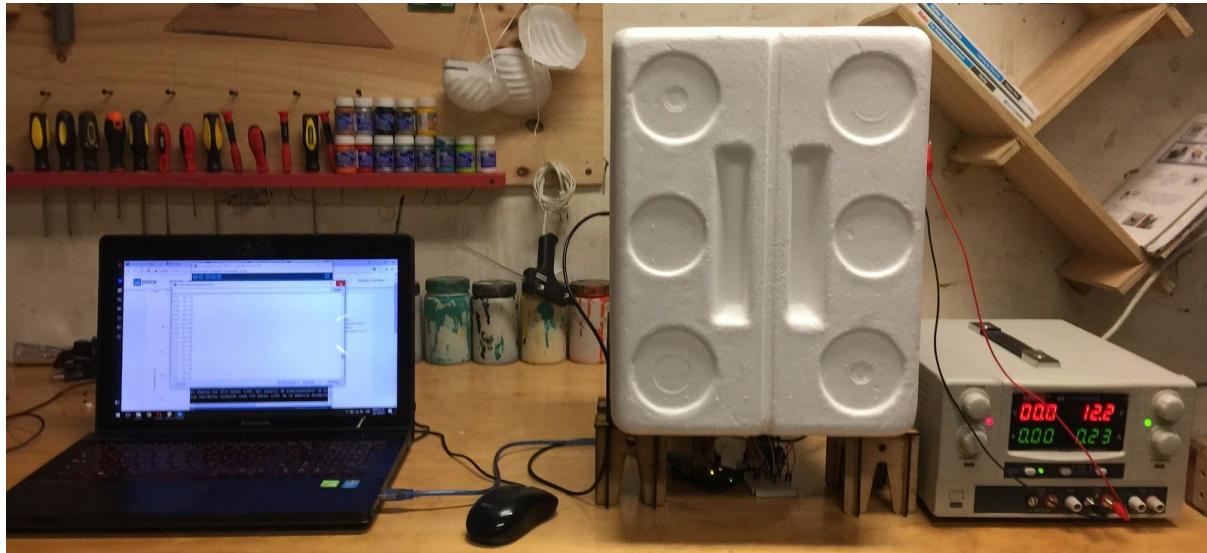




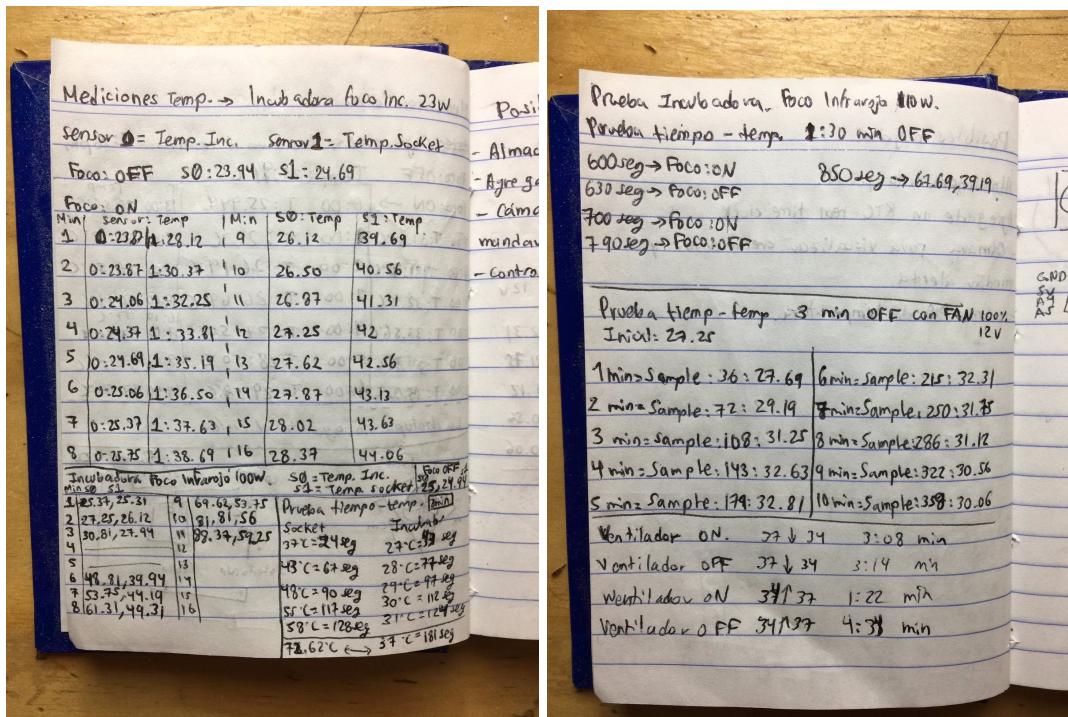
Programación y Sensado de datos.

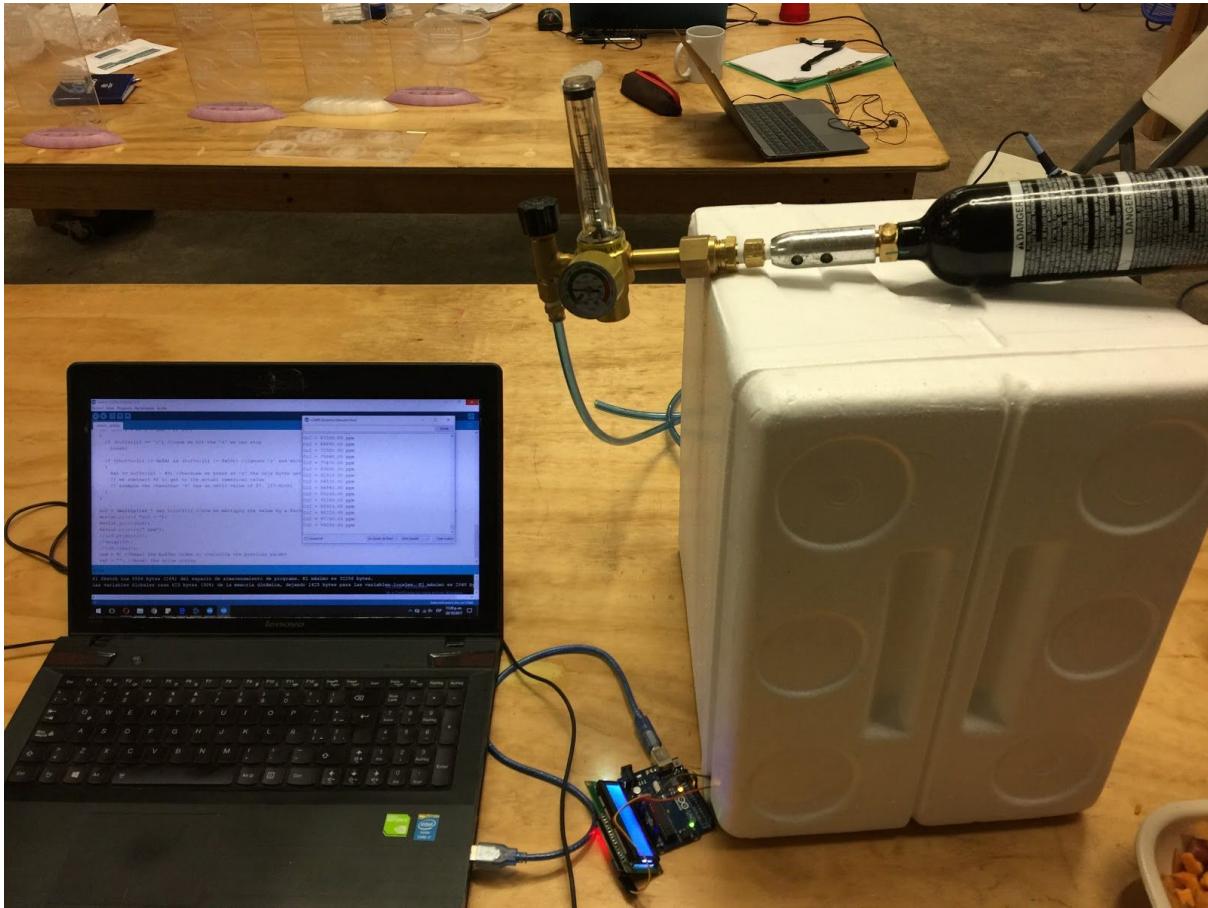
## **\_PROGRAMACIÓN Y SENSADO INCUBATOR OF THINGS**

- 1. PROGRAMACIÓN ARDUINO**
- 2. UNIFICACIÓN PROGRAMAS**
- 3. SENSADO Y CAPTURA DATOS**
  
- 4. PROGRAMACIÓN ESP12**
- 5. UNIFICACIÓN PROGRAMAS WIFI**
- 6. FABRICACIÓN Y ENSAMBLE PCB**



La incubadora se controla por un código de Arduino que regula la temperatura a 37 C y una concentración de 5% de CO<sub>2</sub>, condiciones óptimas para el cultivo de células animales. Brevemente, dividimos a la incubadora en tres módulos: temperatura, CO<sub>2</sub> y WiFi. El módulo de temperatura consta de un foco, y un termómetro digital DS18B20 para el sensado. El foco se enciende si la temperatura es menor de 34C y se apaga si es mayor a 37C, generando un umbral de entre 34-37 C de operación.





Para la interfaz WIFI...

192.168.4.1

IoT\_IncubatorofThings

## CO2 Sensor Monitor

CO2 must be between 4%-6%

5.3% CO2

## Temperature Sensor Monitor

Temperature most be between 34°C - 37°C Celsius

Temperature 36°C

Diseño y preparación de archivos de fabricación digital.

## **\_DISEÑO Y PREPARACIÓN INCUBATOR OF THINGS**

**1.** MODELADO 3D

**2.** PREPARAR ARCHIVOS

Nosotros usamos [rhinoceros](#) y [slicer for Fusion 360](#) para realizar el diseño de la carcasa . En rhino se modelaron cada uno de los componentes.

En [Solidworks](#) se realizó el “case” de la electrónica, que se imprime en 3D en función a todos los componentes de la PCB ya fabricada.

Sin embargo, queremos destacar que para la replicación de la *Incubator-of-Things*, probablemente se necesiten cambiar las dimensiones de acuerdo al tamaño de la hielera de unicel que utilicen. Otro ejemplo de este punto, sería que nuestro diseño consideró colocar en la base una fuente de poder del CPU de una computadora vieja.

Fabricación y ensamble.

## **\_FABRICACIÓN Y ENSAMBLE INCUBATOR OF THINGS**

**1.** PREPARAR MATERIAL

**2.** FABRICACIÓN DIGITAL

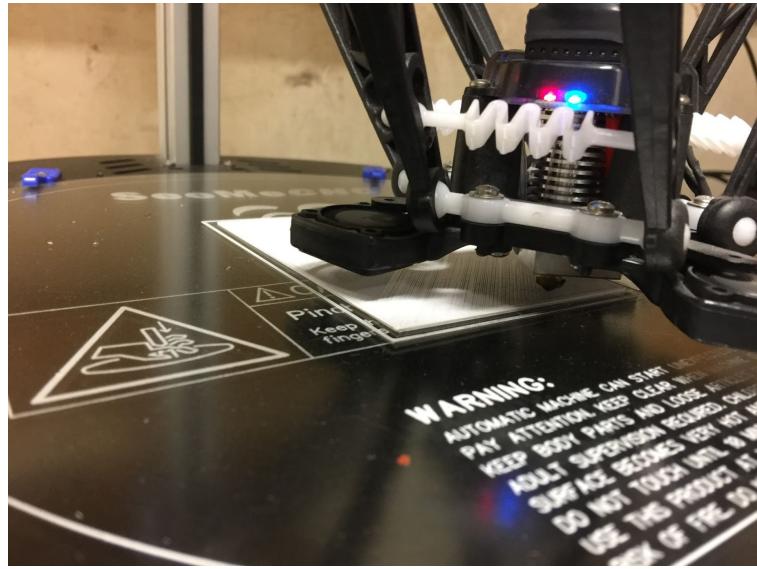
**3.** ENSAMBLE

Para el ensamblado, solo habría que utilizar los archivos .dxf y .stl para cortar el MDF con laser y el .gco para imprimir en 3D el molde.



En el corte los parámetros fueron 10 de velocidad y 200 de potencia , para el grabado, 10 de vel y 15 de potencia. Con base a eso, se puede ir variando dependiendo de su cortadora láser.





## Mejoras o Escalabilidad

Explicación de las próximas mejoras del prototipo de la incubadora Chuburlab

A mejorar:

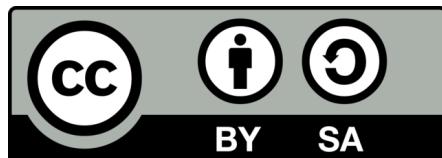
Hay un parámetro que no consideramos la humedad.

Hacer un énfasis en la esterilización de la incubadora es esencial para su funcionamiento en un escenario real.

## Licencia

*IoT\_Incubator of things* by Fablab Yucatán is licensed under the Creative Commons - Attribution - Share Alike 4.0 International license.

(CC BY-SA 4.0)



Elegimos *compartir igual* porque nos gustaría que se hicieran adaptaciones y mejoras a nuestro trabajo, pero que si las hacen se compartan con la misma licencia como una estrategia de fomento hacia la filosofía *open-source* que tanta falta hace en nuestro país.