

Nombre del proyecto: Sistema de monitoreo y control de materiales en obras utilizando IoT.

Fecha de inicio del proyecto: 19 de Octubre de 2021

Fecha de conclusión del proyecto: 7 de Marzo de 2022

Descripción: Los materiales de construcción constituyen uno de los recursos más importantes de cualquier construcción, podemos decir que son el motor del proyecto; por ende, es de vital importancia controlar estos recursos con el fin de llevar lo mejor posible cualquier proyecto.

En cualquier tipo de construcción se utiliza una gran variedad de materiales que impactan en los costos de la misma. Es común que exista mal uso, pérdidas e incluso robos. Además, el desabasto del producto puede detener parte de la obra lo que impacta en los tiempos de entrega o el final de la misma.

La tecnología IoT aplicada a la construcción no deja de tener como fin último a las personas y beneficia, de hecho, a todos los que intervienen en el proceso de construcción. Los arquitectos e ingenieros ven facilitado su trabajo gracias a la conectividad entre las oficinas y el terreno de construcción; los técnicos y operarios de la obra se benefician de una mayor seguridad y precisión en su trabajo y el consumidor final disfruta, gracias a todo ello, de una mayor calidad y eficiencia en las obras ya sean vía de transporte, en el caso de carreteras o puentes, lugares de trabajo o su propio hogar.

Aplicaciones: **Monitorización en tiempo real.** La suma de sensores y computación en la nube permite procesar y consultar los datos en tiempo real tanto desde la obra como desde la oficina. Esto permite controlar con precisión la ejecución y los presupuestos de un proyecto.

Objetivo general: Monitorear y controlar el material en una construcción mediante el uso del Internet de las Cosas.

Objetivos específicos: Implementar sensores para monitorear y administrar el material de manera eficiente. Recopilar, procesar y analizar la información generada por los sensores para la toma de decisiones.

Justificación:

La implementación de dispositivos utilizando el Internet de las cosas puede transformar muchos aspectos de la forma en la que vivimos, puesto que engloba una gran variedad de aparatos inteligentes conectados a la web, que detectan presiones ambientales, temperaturas e incluso cambios biométricos en nuestro cuerpo.

Los sensores son capaces de recopilar una gran variedad de datos, conectarse a internet y comunicarse entre ellos, igual que un reloj inteligente detecta nuestras actividades y aconseja pasear, meditar o beber.

Los materiales de construcción constituyen uno de los recursos más importantes de cualquier construcción, podemos decir que son el motor del proyecto; por ende, es de vital importancia controlar estos recursos con el fin de llevar lo mejor posible cualquier proyecto. Existen múltiples aspectos en los cuales el IoT puede beneficiar este control de forma directa, por ejemplo, la monitorización remota del estado del material; es decir, con el uso de sensores poder conocer en tiempo real la cantidad de material disponible y así mejorar el rendimiento del mismo.

La ejecución exitosa de un proyecto de construcción requiere que todos los recursos sean administrados de manera efectiva, pero especialmente los materiales ya que constituyen la mayor parte, tanto en cantidad como en costo, de los recursos que se utilizan. Según Domínguez (1993), el 54.51% del total de los costos directos en obras de edificación de tamaño medio y pequeño, corresponden a los materiales; de aquí que la utilidad de una empresa constructora está determinada en gran medida por la efectividad con la que se administran estos recursos (González y Tirado, 1998).

La tecnología IoT aplicada a la construcción no deja de tener como fin último a las personas y beneficia, de hecho, a todos los que intervienen en el proceso de construcción. Los arquitectos e ingenieros ven facilitado su trabajo gracias a la conectividad entre las oficinas y el terreno de construcción; los técnicos y operarios de la obra se benefician de una mayor seguridad y precisión en su trabajo y el consumidor final disfruta, gracias a todo ello, de una mayor calidad y eficiencia en las obras ya sean vía de transporte, en el caso de carreteras o puentes, lugares de trabajo o su propio hogar.

Integrantes del equipo: Luz Elisa Guerrero Silva

Eduardo Uriel Ortega López

Emilio Antonio Guerrero Silva

Validado por:

<Nombre de facilitador Código IoT>

Productos:

- Prototipo de la prueba de concepto conformado por sensores.
- Sistema de almacenamiento de información.
- Sistema que genere las alarmas en base a la información recopilada.

Alcances:

- Video del prototipo de la prueba de concepto funcionando.
- Programas utilizados para el monitoreo de sensores.
- Diagrama de componentes para el monitoreo y control de materiales.
- Cuantificación y desglose de materiales.
- Programa de erogación.
- Planos Arquitectónicos de Tienda de Convivencia.
- Reporte final.

Requisitos:

- Bases teóricas de Ingeniería Civil.
- Conocimientos de Electrónica para la generación del prototipo.
- Conocimientos de los lenguajes de Programación para el funcionamiento del prototipo. (Python)
- Conocimientos de Linux y Raspberry Pi.

Contenido Temático

1. Introducción

La industria 4.0 tiene un impacto en todos los sectores productivos, incluyendo la ingeniería civil, donde es importante automatizar las actividades de construcción, tales como llevar el control de los materiales, enviar notificaciones cuando cierto material llega a un umbral de existencia y gestionar su uso, conocer esta información en todo momento y de forma precisa ayuda al residente de obra en la toma de decisiones. Los materiales de construcción constituyen uno de los recursos más importantes de cualquier obra, Alcudia realiza un estudio en 2002 en el que reporta que el 67% de las empresas elaboran sus programas de uso de materiales antes de la ejecución de la obra; sin embargo, el 71% de las empresas no analizaban a detalle los procesos constructivos, por lo que la administración de los materiales fue deficiente. Es de vital importancia controlar estos recursos, un suministro oportuno y adecuado de los materiales repercute directamente en la buena ejecución de la obra, asegurando su continuidad. Un mal manejo de los materiales en el almacén de obra puede originar extravíos y pérdidas excesivas.

El control de inventario es una gran preocupación para todas las empresas y sin buenos registros, mantener los niveles de inventario bajo control sería muy difícil. El Internet de las Cosas (IoT) está revolucionando a la sociedad, su carácter disruptivo permite optimizar todo tipo de procesos y, en el marco de la innovación digital, la construcción es uno de los sectores con más potencial para aplicarlo en las diferentes etapas del proceso de construcción, por ejemplo, la monitorización remota del material existente en tiempo real, mediante el uso de sensores.

2. Principio de Funcionamiento

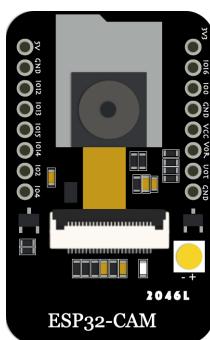
El objetivo del proyecto es monitorear y controlar el material en una construcción mediante el uso del IoT, implementando sensores para administrar el material de manera eficiente, recopilando, procesando y analizando la información generada por los mismos para la toma de decisiones.

Partiendo de esto, la metodología contempla la planeación de una obra en la que se automatiza por medio de sensores la disponibilidad y uso de materiales a través de un prototipo. Se recopila la información de entrada y salida de material del almacén a través de sensores. Los datos se transmiten por medio de internet a un servidor donde se verifican los umbrales que disparan notificaciones de compra de material, se genera un informe en el que se identifican los materiales utilizados y el supervisor de obra puede corroborarlos. Se aplicó el método cuantitativo para determinar el uso de materiales en una obra de construcción.

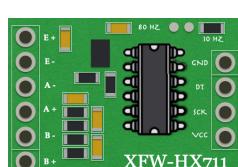
El proyecto permite mantener registros actualizados de las unidades en existencia de los materiales en tiempo real, garantiza la disponibilidad de materiales mediante la generación de alarmas cuando los materiales lleguen a un nivel mínimo de existencia preestablecida.

3. Material Necesario

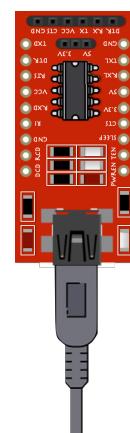
1. ESP32-CAM



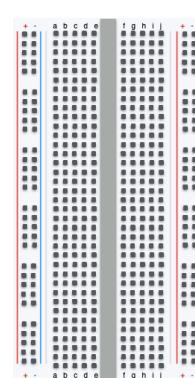
2. Sensor XFW-HX711



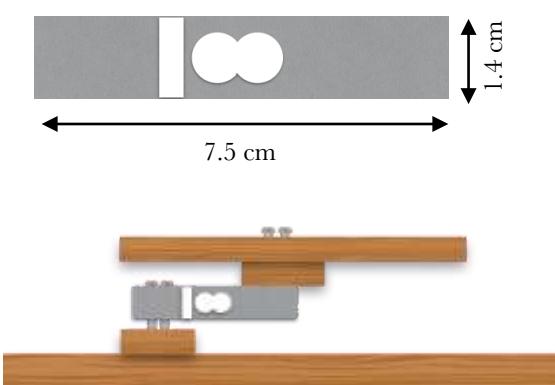
3. FTDI



4. Protoboard



5. Sensor o celda de carga de 10 kg.



6. Base de madera (Bascula)



4. Herramientas computacionales

Hardware

Computadora Local con Sistema Operativo de Linux.



Computadora Externa con Sistema Operativo de Linux para la conexión con Broker en Node-Red.

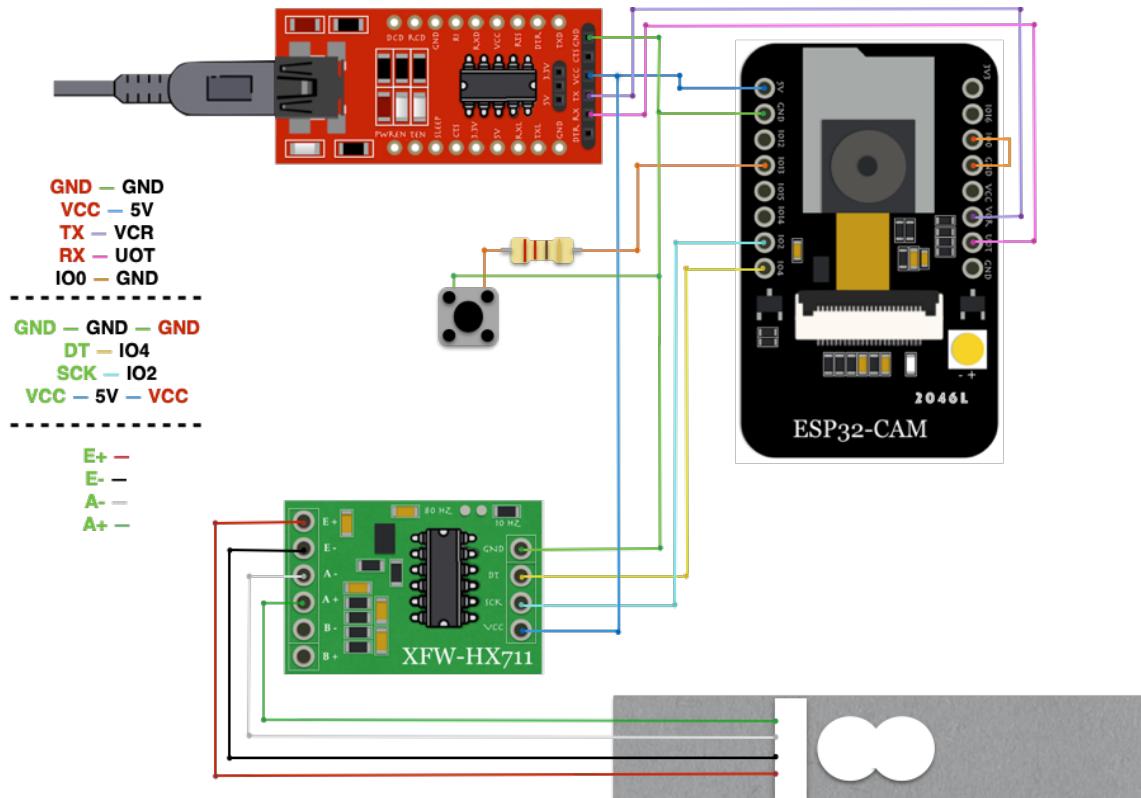


Software

- Máquina Virtual
- Instalación de Node-Red
- Instalación de Grafana
- Instalación de Arduino
- Instalación de Mysql
- Terminal en Linux



5. Circuitos



6. Envío de Información

Para el envío de información se utilizó **MQTT**, que es un protocolo de mensajería basado en la publicación/suscripción de la información.

Se utilizó el código ***client.publish*** el cual sirve para hacer un envío de información a MQTT, solicitando en primera instancia el tema al que se desea enviar la información y después los datos que se desean enviar, para este caso, el envío de información deben ser de tipo “***String***”.

En las siguientes figuras se muestra la parte del código que muestra el uso de ***client.publish***.

Balanzas_PruebaFinal2-1 Arduino 1.8.14 Hourly Build 2021/04/08 03:25

```

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Balanzas_PruebaFinal2-1

        }
else
{
    actual1=siguiente1;
Serial.print("En la bascula 1 se tomo: ");
Serial.print(tomado);
Serial.print(" unidades quedando en existencia: ");

data=actual1;
char dataString2[8];
dtostrf(data,1,2,dataString2);
client.publish("Materiales/Construcción/Civil/1P-15A", dataString2);

Serial.print(actual1);
Serial.println(" Unidades");
}

```

La lectura de los sensores se almacena en las variables: ***Actual1*** y ***Actual2***, estas variables son de tipo entero (*int*) y deben ser cambiadas a cadena (*string*), por lo que, para no perder el valor de lectura, se almacena en otra variable llamada “***data***” para poder ser convertida y almacenada en la cadena de caracteres mediante la función “***dtostrf***”.

Balanzas_PruebaFinal2-1 Arduino 1.8.14 Hourly Build 2021/04/08 03:25

```

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Balanzas_PruebaFinal2-1

tomado=abs(siguiente2-actual2);

if(siguiente2>actual2)
{
    actual2=siguiente2;
Serial.print("En la bascula 2 se tomo: ");
Serial.print(tomado);
Serial.print(" unidades quedando en existencia: ");

data=actual2;
char cadena[8];
dtostrf(data,1,2,cadena);
client.publish("Materiales/Construcción/Civil/3P-70A", cadena);

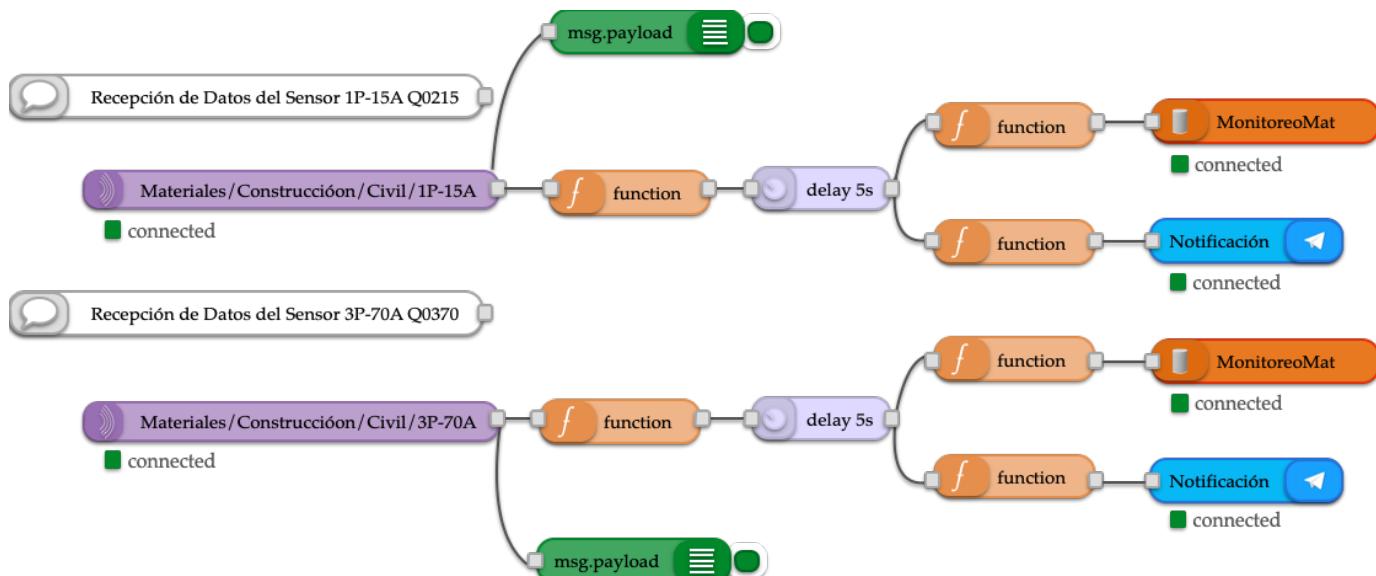
Serial.print(actual2);
Serial.println(" Unidades");
}

```

7. Recepción de Información

Para la recepción de información se utiliza Node-Red, la cual es una herramienta que se programa de manera remota en el cual se pueden llevar a cabo tareas como la recepción de datos de un sensor, el manejo de base de datos y/o desplegar la información recibida en interfaces gráficas.

El flow en Node-Red queda de la siguiente manera:



8. Almacenamiento de Información

Se creó una para el registro de los proveedores, que incluye Nombre, Teléfono y Tiempo de Entrega. Y otra para el registro de los productos, esta incluye el Producto, Proveedor, Descripción, Peso y Costo.

MariaDB [MonitoreoMat]> SELECT * FROM Producto;						
idProducto	idProv	productoNombre	descripcion	peso	costo	
1	1	Q0370-INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	Enchufable 10kA 240V	180	4418	
2	2	Q0215-INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1 POLO	SquareD 30A 120/240V	90	155	

Base de datos para el registro de los proveedores.

MariaDB [MonitoreoMat]> SELECT * FROM Provedores;			
idProv	provNombre	provTelefono	provTiempEntrega
1	IMPACT Company	+55 1039 9428	7
2	Amazon	+55 8023 6990	14

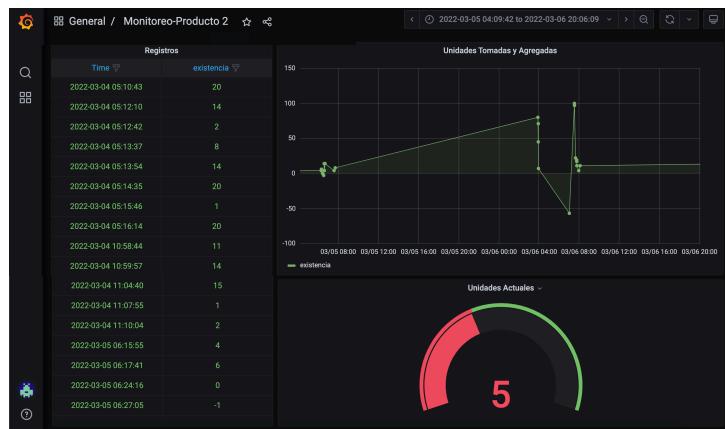
Base de datos para el registro de los productos.

9. Visualización de Datos

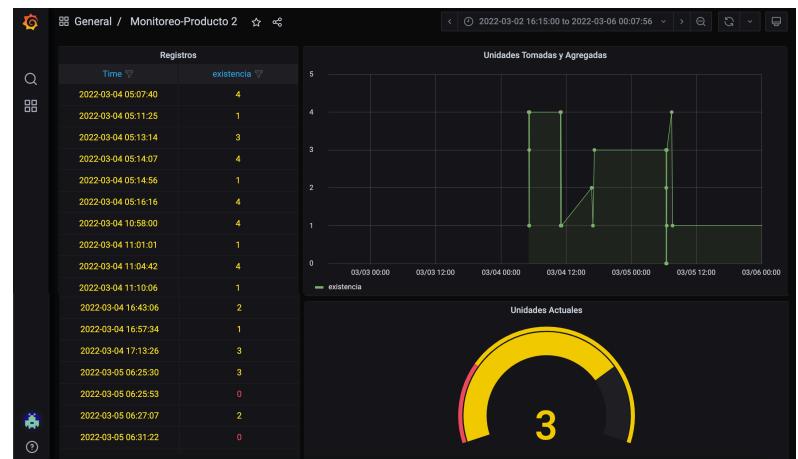
Grafana es una herramienta de código abierto para el análisis y visualización de datos de serie temporales a partir de una serie de datos recolectados.

Con el objetivo de acceder a la plataforma y visualizar la información deseada se accede a la IP del servidor con el puerto 3000.

Con la ayuda de esta herramienta, se pudieron visualizar todos los movimientos realizados en el prototipo, con ayuda de Node-Red y Grafana se activaron las notificaciones vía Telegrama cada que haya un umbral de 30% de existencias en el material. Así mismo se pueden visualizar todos los movimientos realizados previamente.



Producto 1



Producto 2

Se ha establecido un umbral de 30% de existencia, el cual activara las notificaciones vía Telegram, mientras las existencias estén por encima del umbral establecido solo se almacenara la información en la base de datos.

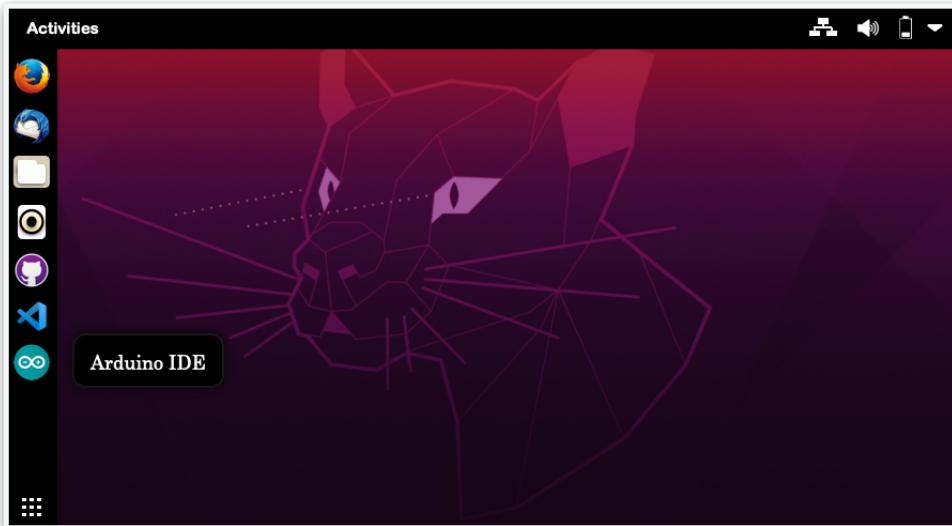
En las notificaciones de Telegram se enviará la alerta anexando un link con acceso a las gráficas y tablas que muestran los movimientos del producto. Este link puede ser consultado en cualquier momento por el usuario y en base a ello, tomar decisiones.



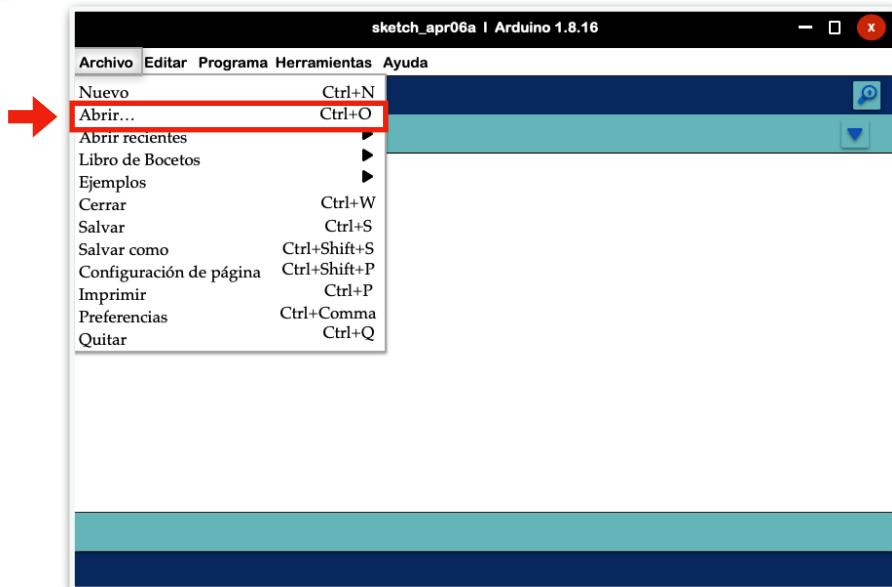
10. Instrucciones de Uso

Para la carga, edición y ejecución del programa en la ESP32-CAM se utiliza el IDE de Arduino, el cual es un conjunto de herramientas de software que permite desarrollar, escribir, depurar, editar y grabar un programa (llamados “sketches” en el mundo Arduino) de una manera sumamente sencilla.

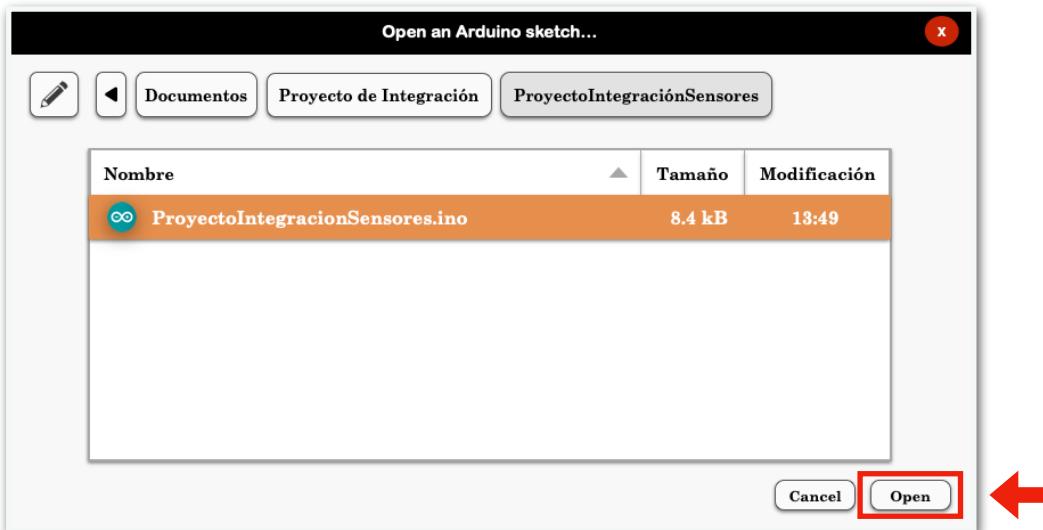
Para acceder al IDE de Arduino nos ubicamos en la barra lateral de tareas, haciendo clic sobre el logo, como se muestra a continuación.



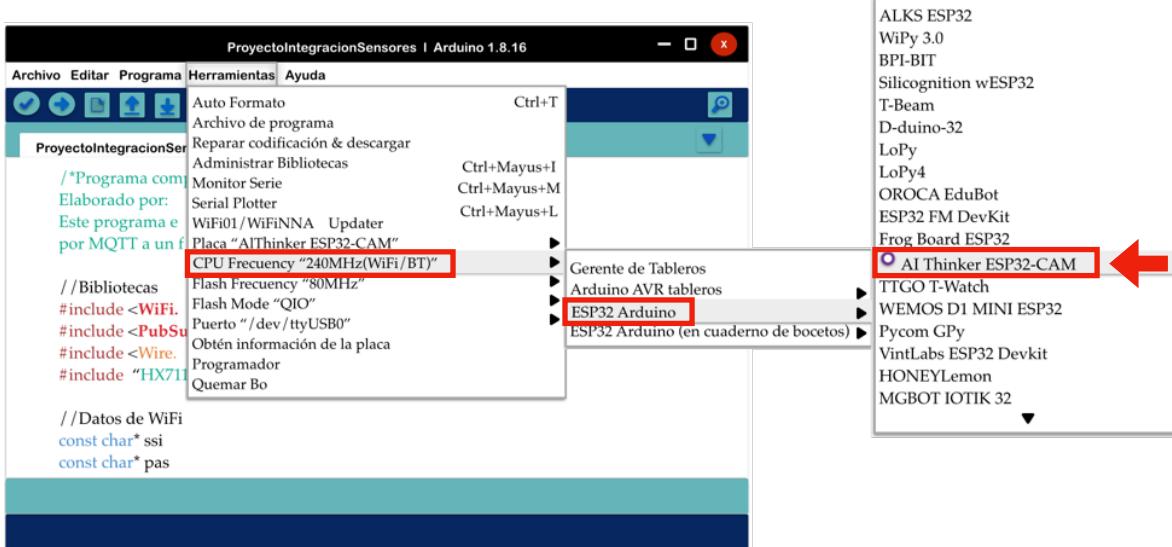
1. Una vez abierto el programa, en la IDE se hace clic sobre la pestaña “File/Archivo” después se selecciona la opción: **Open/Abrir**.



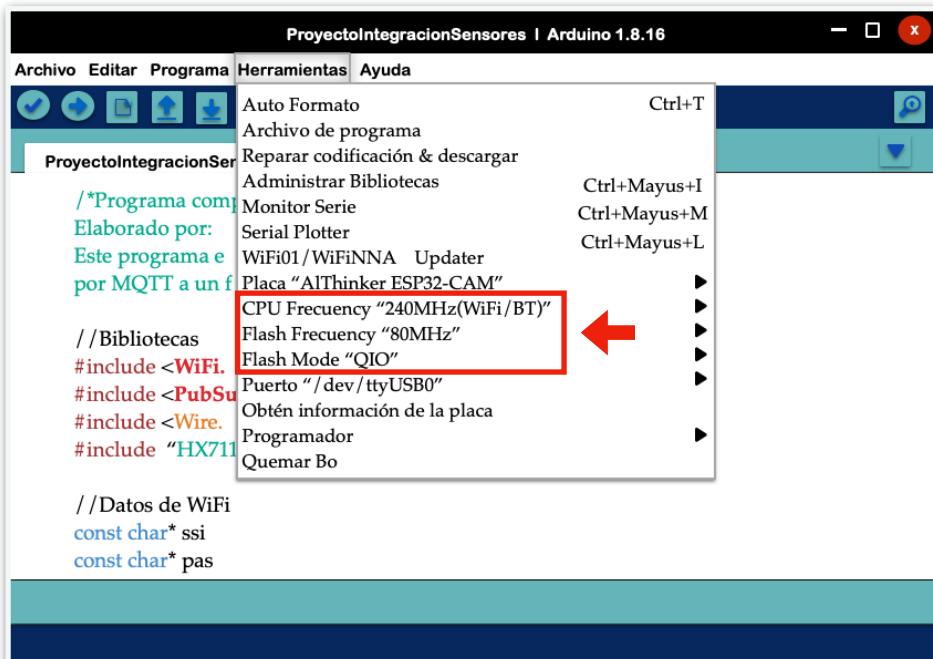
2. En la ventana que se abrió hallar la carpeta que contiene el código escrito y seleccionarlo, este archivo se encuentra en formato **.ino**. Al seleccionarlo se hace clic sobre el apartado **Open/Abrir**.



3. La tarjeta que se usa en este programa es **AI Thinker**, para ello se debe seleccionar en el apartado de Tools.



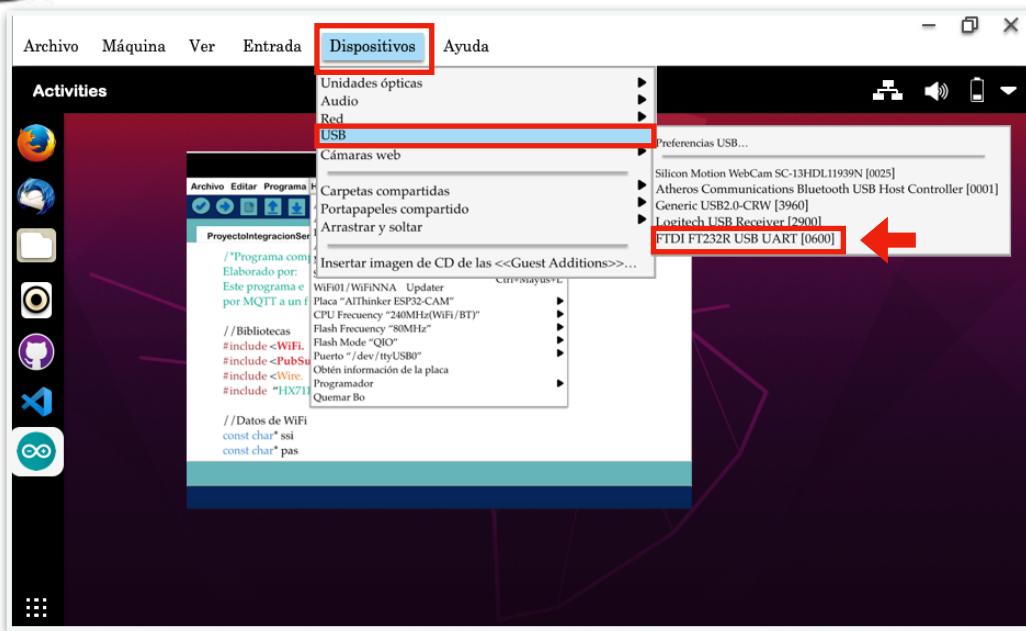
4. Los parámetros para la ejecución del programa se configuran en la sección de Tools, aquí se seleccionan las características de la tarjeta, las cuales deben ser las siguientes:



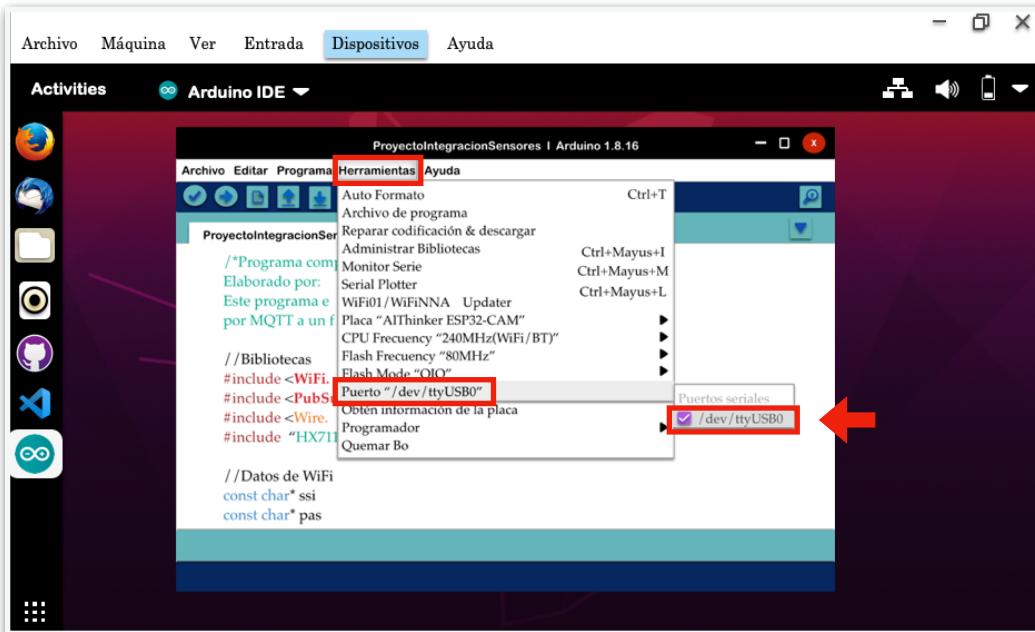
- a. **CPU Frequency: 240 MHz.**
- b. **Flash Frequency: 80 MHz.**
- c. **Flash Mode: QIO.**

Para cargar el programa en la ESP32-CAM se sigue el siguiente procedimiento:

1. Conectar el FTDI a la computadora y hacer clic en la pestaña “Dispositivos”, seleccionar el dispositivo recién conectado.



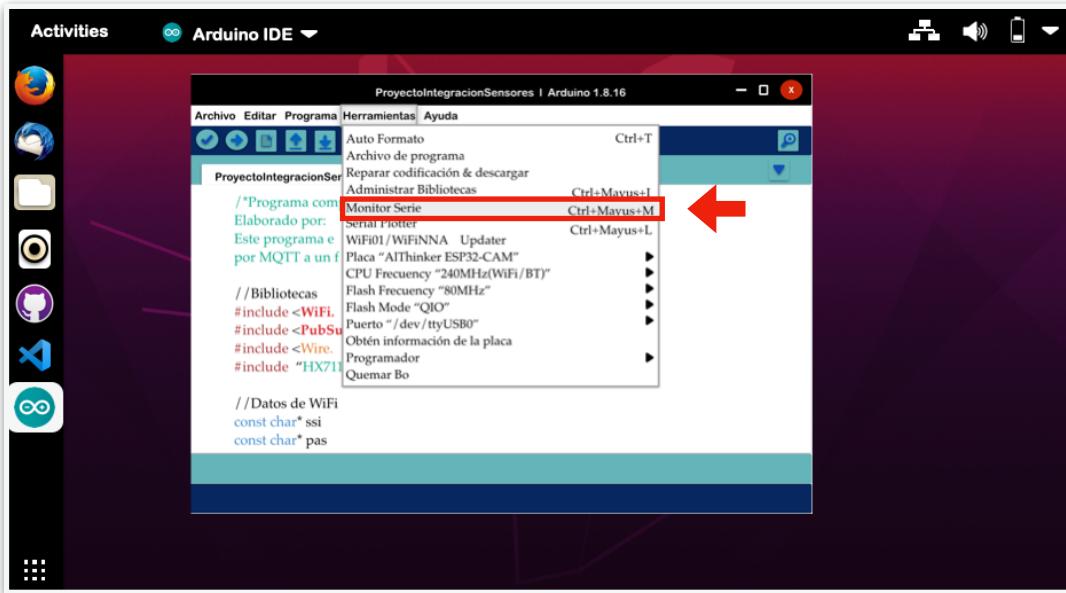
Una vez conectado el dispositivo FTDI al equipo de computo, es necesario configurar la selección del puerto en el que se encuentra conectado el FTDI, haciendo clic en el botón Tools y en la sección Port escoger el puerto en el que se encuentra el dispositivo, generalmente: **/dev/ttyUSB0**.



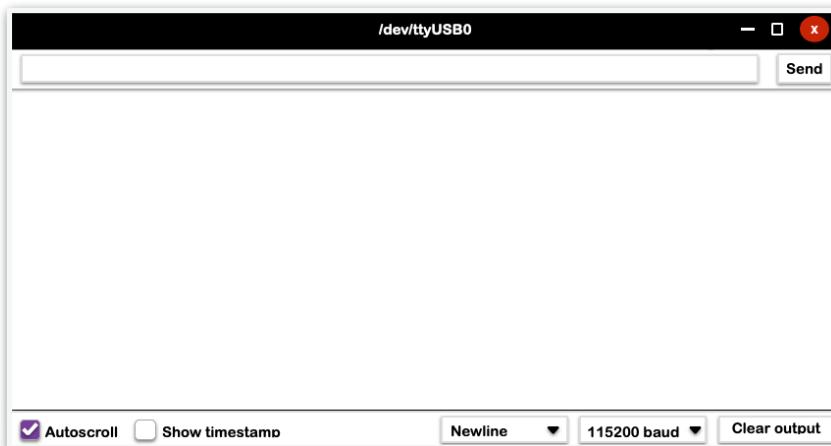
2. En el IDE de Arduino abrir el monitor serial que se encuentra en la pestaña de “Tools” y entre las opciones seleccionar la opción del **monitor serial**.

Una manera de acceder de forma directa a este monitor es mediante el comando:

Ctrl + Shift + M



Se desplegará la siguiente ventana:

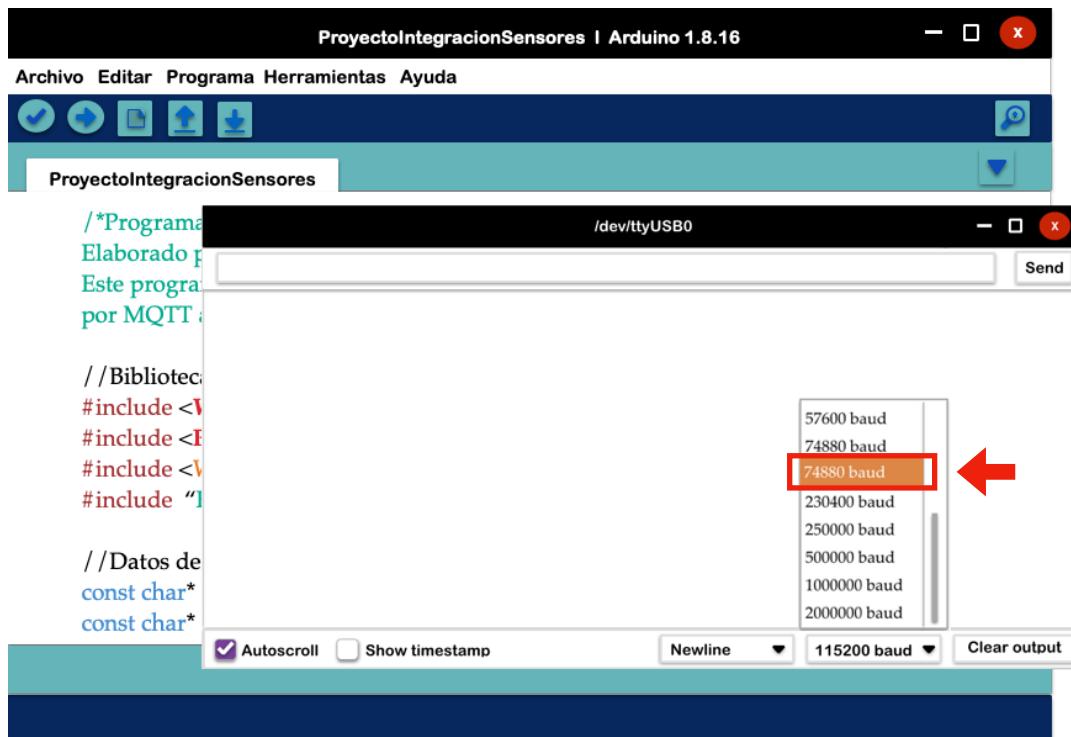


3. Configurar la velocidad de la comunicación serial en Arduino: Para que los mensajes sean visibles, la velocidad de con la que Arduino iniciará la comunicación con la computadora (o cualquier dispositivo conectado a los pines RX y TX) será con una velocidad de comunicación serial de 115200 bits por segundo (baudios).

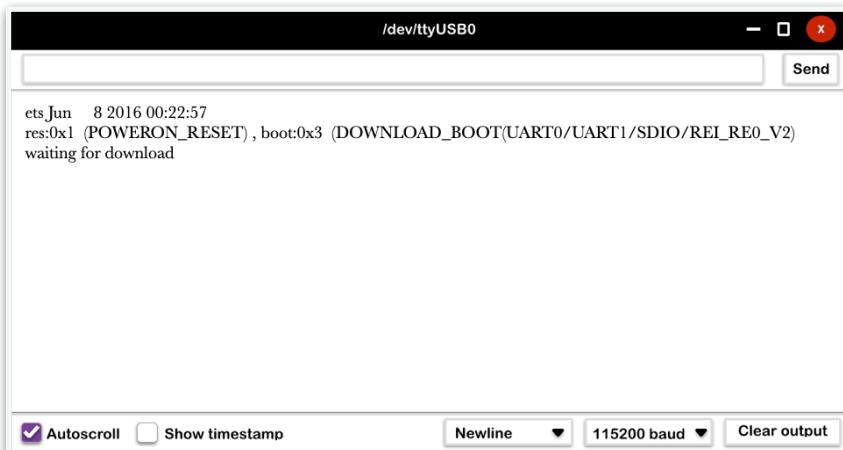
La comunicación serial basada en el protocolo RS-232 es la principal forma de comunicación que posee Arduino para intercambiar información con otros dispositivos. A través del puerto serie es como los usuarios podemos enviarle información desde la computadora.

El Arduino IDE utiliza comunicación serial para cargar el código en el Arduino.

Esta velocidad debe ser la misma tanto en el código como en el monitor serial.



4. A continuación oprimir el botón **Reset** ubicado en la parte posterior de la ESP32-CAM, esto permite que la ESP32 entre en modo programador y se pueda cargar el código, en el monitor serial se muestra el siguiente mensaje indicando que el modo programador está activo.



5. En el IDE de Arduino, nos centramos en el icono de **Upload** → ubicado en la parte superior izquierda y haciendo clic sobre este botón comienza el proceso de carga del programa.



En la parte inferior del IDE se observa el proceso de carga.

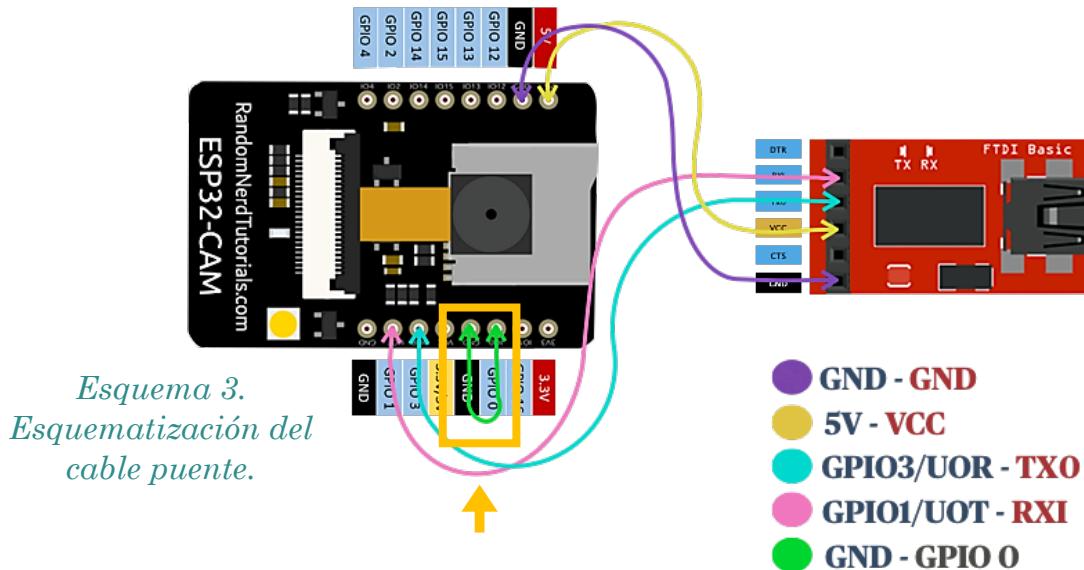


Una vez finalizado el proceso se muestra el siguiente mensaje: **Done Uploading**, esto indica que el programa ahora se encuentra cargado y listo para ser ejecutado.



6. Desconexión del **cable puente** de la ESP32CAM.

En la pantalla ubicada en la parte inferior al cargar el programa aparece el mensaje, “**Hard resetting via RTS pin...**” que indica que la carga ha sido realizada con éxito. Para poder continuar, es necesario presionar el botón reset, pero para evitar que el ESP32CAM se ponga en modo programador, deberás quitar el cable que conecta GPIO 0 con GND.



7. Al presionar el botón Reset comienza a ejecutarse el programa, mostrando el siguiente mensaje en el monitor serial:

/dev/ttyUSB0

Send

```
ets Jun 8 2016 00:22:57

rst : 0x1 (POWERON_RESET) ,boot:0x7 (DOWNLOAD_BOOT(UART0/UART1/SDIO_REL_KE0_V2))
waiting for download
ets Jun 8 2016 00:22:57

rst : 0x1 (POWERON_RESET) ,boot:0x17 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv: 0x00, q_drv:0x00, q_drv:0x00, cs0_drv:0x00, hd_drv:0x00, wp_drv:0x00
mode: DIO, clock div:1
load: 0x3fff0030, len:13508
ho 0 tail 12 room 4
load: 0x40078000, len:13508
load: 0x40080400, len:3604
entry 0x400805f0

Conectar a Losguerreros
```

Autoscroll Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

Nota: Los puntos indican la espera para que la ESP32-CAM se conecte a Wi-Fi, en caso de que no se logre establecer la conexión o el tiempo de espera sea prolongado, se debe oprimir nuevamente el botón: Reset.

8. Conexión con el broker.

```

load: 0x40080400, len:3604
entry 0x400805f0

Conectar a Losguerreros
.....
WiFi conectado
Dirección IP:
192.168.100.131
Lectura del valor del ADC: kg185942
188384
No ponga ningún objeto sobre la balanza
Destarando....
Coloque sobre la balanza un peso conocido:
Tratando de conectarse ... Conectado ←

 Autoscroll  Show timestamp      Newline      115200 baud      Clear output

```

9. En el circuito se oprime el **push botón**, esto reseteará la báscula imprimiendo en el monitor serial lo que se muestra a continuación.

```

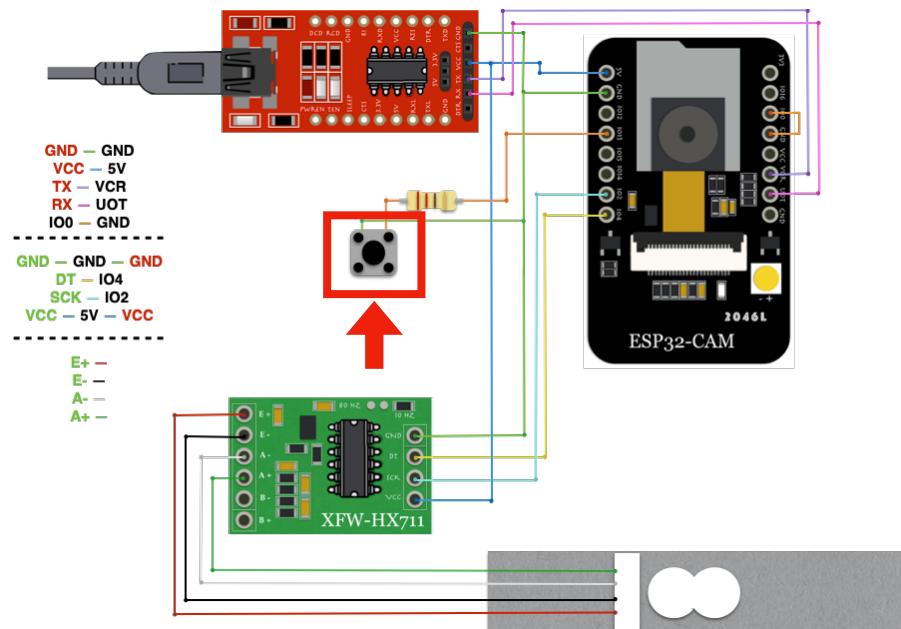
load: 0x40080400, len:3604
entry 0x400805f0

Conectar a Losguerreros
.....
WiFi conectado
Dirección IP:
192.168.100.131
Lectura del valor del ADC: kg185942
188384
No ponga ningún objeto sobre la balanza
Destarando....
Coloque sobre la balanza un peso conocido:
Tratando de conectarse ... Conectado
La bascula 1 se reinicia en 0 unidades ←
La bascula 2 se reinicia en 0 unidades

 Autoscroll  Show timestamp      Newline      115200 baud      Clear output

```

10. Una vez que se agreguen unidades a la balanza, se presiona el **push botón**, esto hará que el sensor detecte los cambios y los envíe a través de MQTT a Node-Red.



Nota: El programa está pensado para reportar las variaciones de las balanzas, por lo que si se oprime el Push botón sin haber cambios, esto no será reportado a Node-red ni almacenado.