



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

INSTRUMENTAL METEOROLÓGICO

**IMPLEMENTACIÓN DE CÉLULA DE CARGA PARA BÁSCULA DE
PESADA**

RUBÉN ESPARZA OROZCO

LGAC: INGENIERÍA DE RIEGO Y DRENAJE

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2021

CONTENIDO

1. OBJETIVO.....	3
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
2.1. Materiales.....	3
3. SENSOR DE CÉLULA DE CARGA.....	4
3.1. Puente de Wheatstone.....	5
3.2. Amplificado HX 711.....	6
3.3. Algoritmo de trabajo.....	7
3.4. Plataforma de báscula y masa de calibración.....	8
3.5 Calibración del sensor.....	9
Primer intento de calibración: masa calibrada 1kg.....	9
Segundo intento de calibración: Maceta ≈9700 gr.....	10
Esfuerzo de corrección de la línea manualmente.....	12
4. CONCLUSIONES.....	13

1. OBJETIVO

Implementa el sensor de carga de galgas de extensiométricas para recabar medidas de peso de una maceta y determinar el déficit hídrico diario.

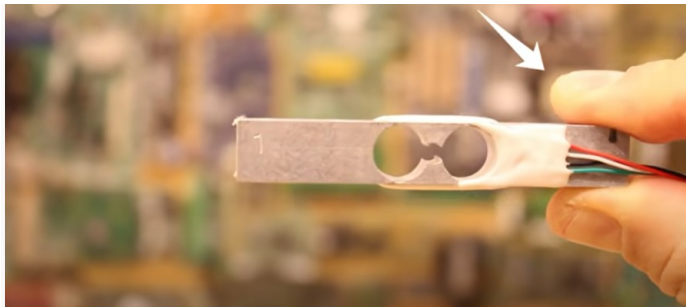
2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

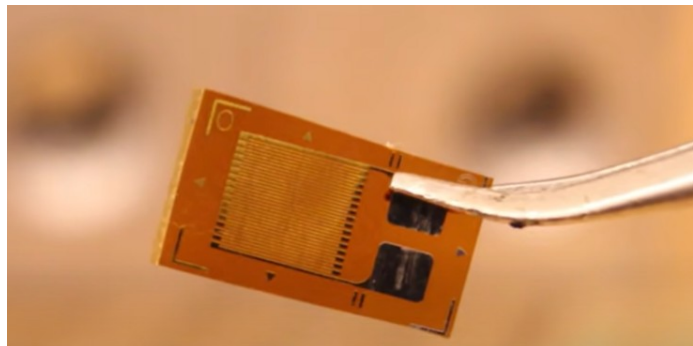
- Sensor de carga de galgas extensiométricas
- Amplificador de señal
- Placa arduino
- Reloj digital para arduino
- Módulo MicroSd para arduino
- Memoria Micro Sd de 16 Gb
- Maceta azul, 6 litros: 214 g.
- Sustrato seco: 2,622 g $\rightarrow$ densidad = $2.622 \text{ kg} / 5 \text{ litros} = 0.5244 \text{ kg/litro}$
- Maceta con sustrato: 2,836 g.
- Agua
- Soluciones nutritivas

3. SENSOR DE CÉLULA DE CARGA

Las células de carga son un pequeño bloque de aluminio con un par de perforaciones al centro. Sobre y debajo de estas perforaciones se encuentran colocadas un par de galgas extensiométricas que detectan la deformación del material. Si se fija uno de los extremos y al otro extremo se aplica una carga hacia abajo, en el centro de la barra se generan esfuerzos de tensión (arriba) y compresión (abajo). Midiendo la deformación que ocurre en el bloque de aluminio por medio de las galgas extensiométricas es posible conocer cual fue la masa que se colocó al extremo de la barra.



Célula de carga (bloque de aluminio)



Galga extensiométrica

El cable conductor de la galga extensiométrica tiene una resistencia definida de acuerdo a la capacidad de la célula (en la imagen 350 ohms).

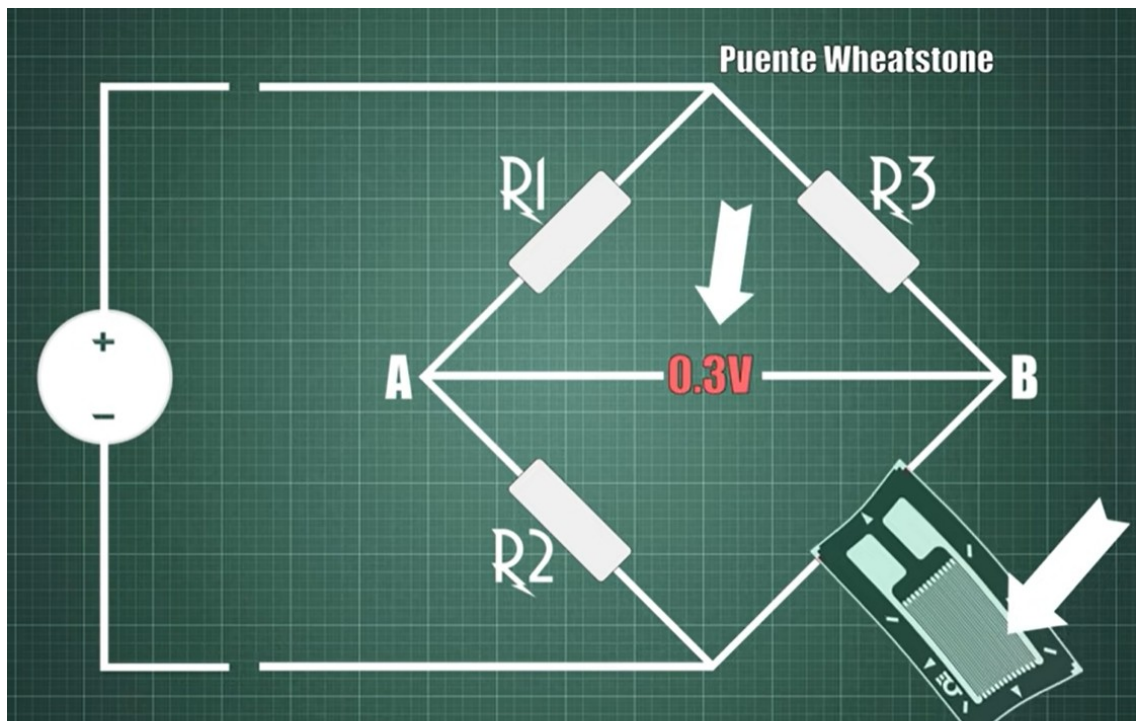


Cuando la galga se flexiona su resistencia cambia debido a el cambio de la sección del cable conductor en la galga extensiométrica. Cuando se comprime aumenta su sección hay menor resistencia y en consecuencia más corriente fluye a través del cable. Caso contrario, cuando la galga extensiométrica se tensa el cable su sección disminuye, aumenta la resistencia y fluye menor corriente a través del cable.

Debido a que el cambio en la resistencia de las galgas extensiométricas es muy pequeño primero se necesita cambiar el valor de resistencia a un valor de voltaje y amplificar antes de enviar su valor al microcontrolador.

3.1. Puente de Wheatstone

Cuando se flexiona o comprime una galga extensiométrica que forma parte de un puente de Wheatstone un medidor de tensión puede registrar el cambio de voltaje que ocurre entre los puntos A y B. Si el puente está equilibrado el voltaje entre los puntos A y B es de 0.0 V.



Cambio de valores de resistencia a valores de voltaje por un puente de Wheatston

Sin embargo, los cambios de voltaje generados por la flexión o compresión del cable en la galga extensiométrica siguen siendo muy bajos y deben amplificarse.

3.2. Amplificado HX 711

Para amplificar la señal de voltaje desde el puente de Wheatstone se utiliza un Conversor Analógico Digital de 24 bits (resolución $2^{24} = 16,777,216$).

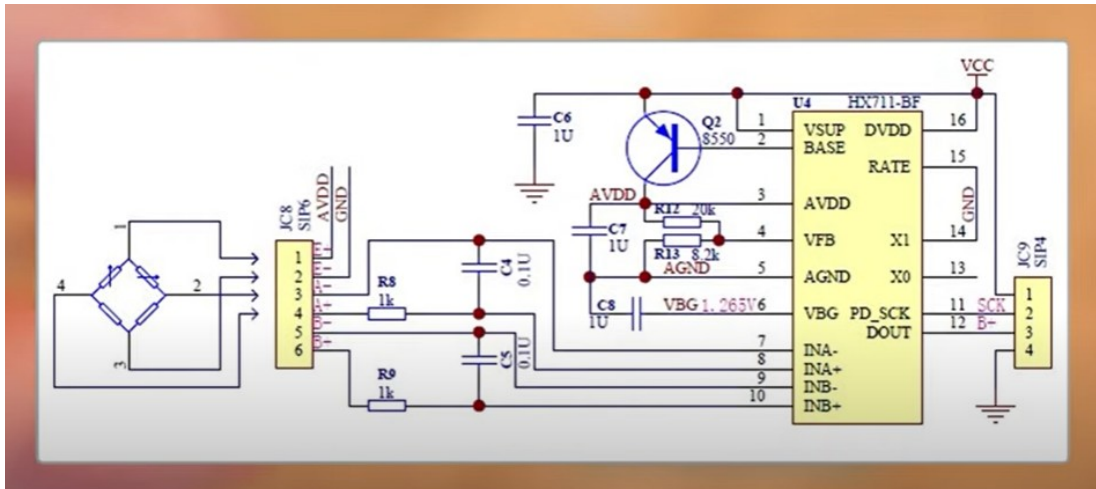


Diagrama del ADC HX 711

Para trabajar el HX 711 con arduino es necesario descargar la librería Q2HX711.h disponible desde el gestor de librerías de la IDE de arduino.

3.3. Algoritmo de trabajo

1. Encendido de la pantalla LCD: se limpia la pantalla.
2. Acceso la memoria microSD: En la pantalla LCD se verifica que el módulo de microSD este conectado correctamente y que en él hay una memoria de almacenamiento y que se tiene acceso a ella.

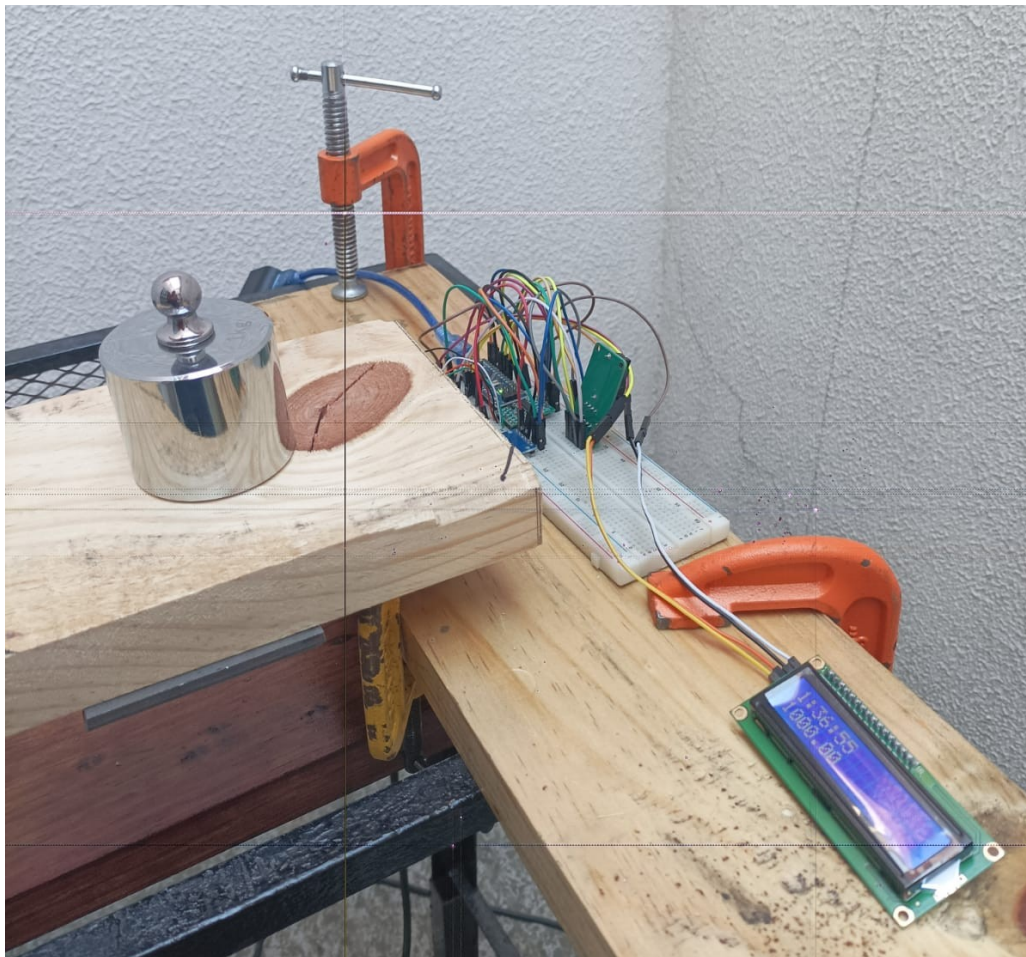
//fotografía

3. Procedimiento TARA: aquí el programa considera cualquier peso colocado sobre el sensor (el peso de la plataforma y los tornillos que hacen de plataforma) y toma referencia para cero.
4. Procedimiento de calibración: a través de la pantalla LDC se solicita colocar sobre la plataforma la masa de calibración. Y una ejecutada la calibración, el amplificador recibe datos desde la galga extensiométrica y los envía a la placa arduino.
5. Promedio por segundo, masa instantánea: El programa toma lectura desde el pin digital cada 0.01 s, realiza un promedio cada 1 segundo para calcular una masa instantánea.
6. Promedios minuto. Para la grabación de datos, el programa promedia todas las entradas en 1 minuto (60 lecturas), abre un archivo en la memoria microSD y almacena los datos. Igualmente lo hace para hora.
7. Promedios minuto. Para la grabación de datos, el programa promedia todas las entradas en 1 minuto (60 lecturas), abre un archivo en la memoria microSD y almacena los datos. Igualmente lo hace para hora.

3.4. Plataforma de báscula y masa de calibración

Uno de los extremos de la célula de carga se fijo mediante tornillos a una base de metal que a su vez está sujeta por una prensa a una base de madera. Al otro extremo se fijó una plataforma de madera para colocar correctamente la masa de calibración

La masa de calibración es de 1000 gr. Y se a corroborado su peso en una báscula comercial.



3.5 Calibración del sensor

Primer intento de calibración: masa calibrada 1kg

A través del display se observó que los registros de masa oscilan y se apreció una aparente caída en los mismos en cuestión de minutos. Se dejó trabajar la basculá por un periodo de 20 horas para posteriormente hacer el levantamiento de los datos y realizar un análisis.

La siguiente gráfica muestra como cae la línea de registro de masa entre los tiempos 1:37 y las 19:1 del cronómetro. Aproximadamente, la línea tiene una caída máxima de 25 gr en 17 horas. La razón de caída en la línea es de 1.58 gr /hr. Después del las 19:1 horas cronómetro, se observá una recuperación de la señal hasta un registro de 987gr. En este momento se interrumpe la captura de datos.

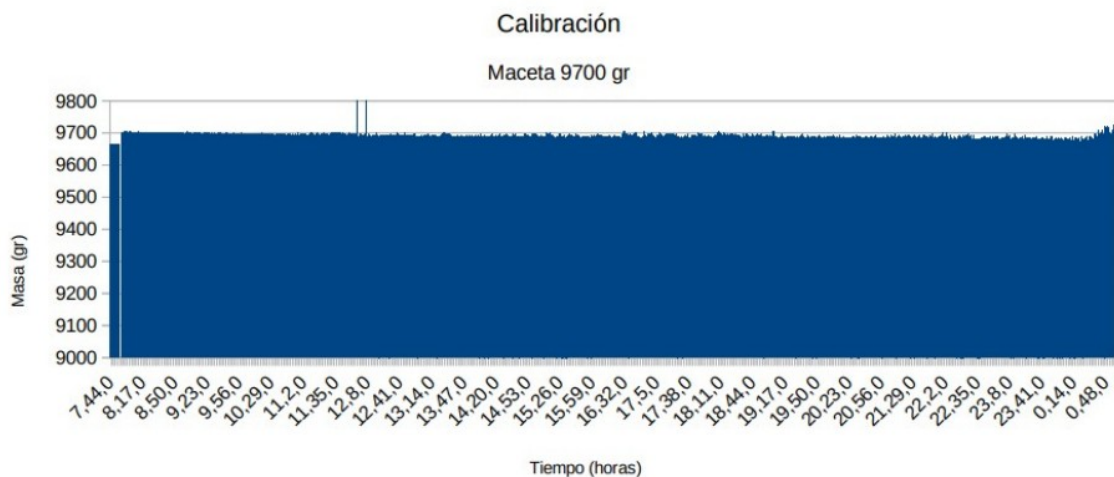


Segundo intento de calibración: Maceta ≈9700 gr

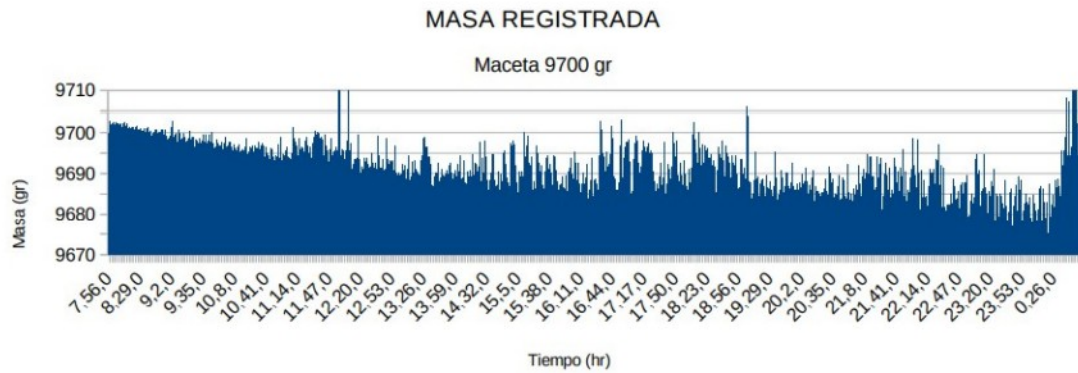
En los tutoriales e información que usuarios de internet comparten para la implementación de las células de carga, se recomienda que la masa de calibración sea de por lo menos un 80% de la capacidad máxima de la célula de carga por lo que se decidió tratar de realizar la calibración con una carga de mayor masa. Para el caso de la célula de carga de 20 kg de capacidad se debería usar una masa de por lo menos 16 kg.

Debido a la dificultad para conseguir una masa calibrada de 16 kg así como la dificultad de descansar dicha masa sobre la plataforma de madera se optó por utilizar una maceta con sustrato húmedo y dos plántulas de jitomate en ella. El peso de la maceta fue de 9700 gr y se tomó desde una báscula comercial para peso corporal con resolución de una décima de kilogramo. Es posible que esta medición no fuese del todo exacta. Aunque tampoco se cumple con la condición del 80% la capacidad máxima de la célula de carga se esperaba tener mejores resultados.

La siguiente gráfica muestra los resultados. Aparentemente, se registran datos coherentes sobre la línea de los 9700 gr.



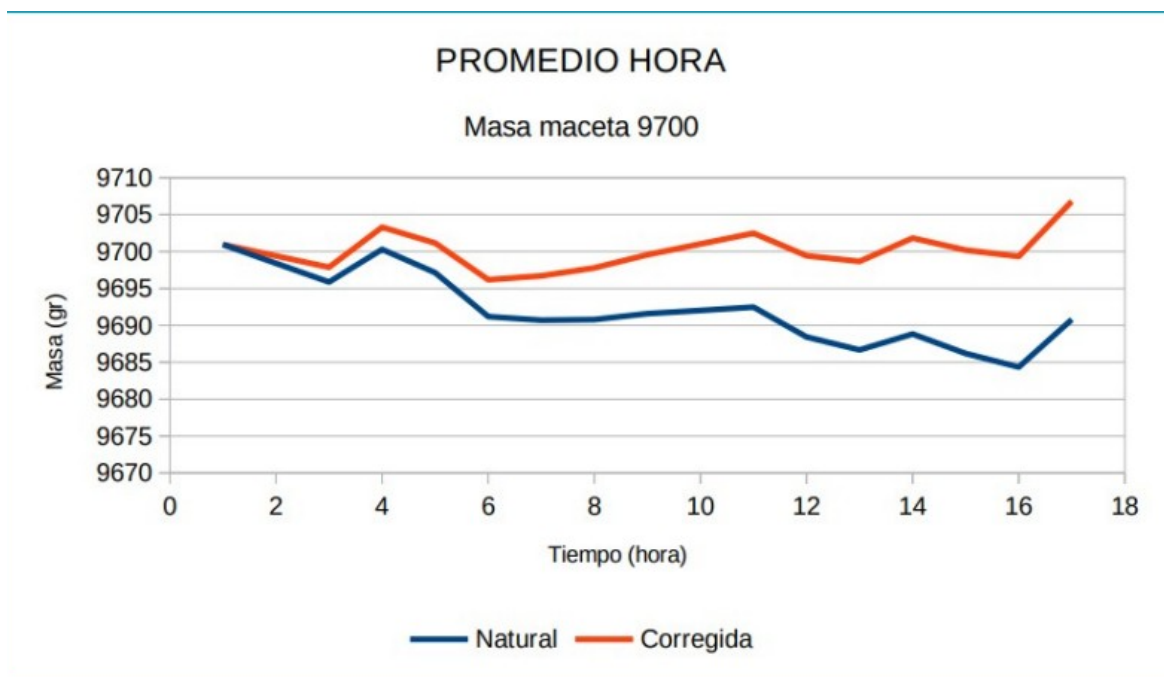
Pero al ampliar la resolución en la gráfica se aprecia mejor la tendencia de caída en la línea de señal y adicionalmente se puede apreciar la presencia de mucho mayor ruido con picos intermedios que tienen una tendencia hacia la línea de los 2700 gr. La caída de la señal es de aproximadamente 20 gr en 16 horas. La tasa de caída en la señal es de aproximadamente 1.25 gr / hora. apreciar mucho mejor el ruido que existe en la señal.



Esfuerzo de corrección de la línea manualmente

Parece ser que la caída en la señal tiene un comportamiento lineal en el tiempo, de corroborarse este comportamiento, se podrían hacer esfuerzos por corregir la señal contra restando la caída de señal.

La siguiente gráfica muestra los promedio por hora en las mediciones de masa. La línea azul corresponde a los promedio hora de los datos levantados naturalmente. La segunda línea es una línea corregida que recupera su tendencia sobre la línea de los 2700 gr.



4. CONCLUSIONES

Es necesario seguir trabajando en lograr la calibración de la báscula para tomar mediciones fiables de peso.

El ruido en la señal de datos puede deberse a la diferencia de resolución entre el amplificador HX711 y el microcontrolador Arduino, 24 bit y 10 bit respectivamente.

La caída en la línea de señal puede deberse posiblemente a la falta de nitidez al momento que el sensor envía la señal, una posible solución en este caso es colocar una resistencia en pull-up para evitar la caída.

Es necesario estimar nuevamente, la capacidad nominal de carga necesaria en la báscula de pesada considerando que la biomasa generada por el cultivo (raíz, hojas, tallo, frutos) representará masa adicional hasta la ahora considerada (maceta, sustrato, agua de riego).