

Balanza de Instrumentación

Juan Pablo Castillo¹, Danilo Fernández², Daniel Santiago Martínez³, Dylan Mateo Zambrano⁴

Abstract

Se construyó una balanza que funciona mediante una galga extensiométrica, o un sensor de deformación que funciona variando la impedancia a medida que el material se deforma. Este sensor se conecta a un módulo HX711 que completa un puente de wheatstone utilizando las impedancias del sensor, transforma los datos análogos a digitales y los envía mediante comunicación serial a un computador utilizando un Arduino.

Keywords

Balanza — Sensor — Masa y Volumen — Calibración con múltiples puntos

¹ Departamento de Ingeniería eléctrica y electrónica, Universidad de los Andes

Contents

Datasheet	1
1 Calibración	1
2 Instrucciones de uso	1
3 Diagrama Circuital	2
4 Identificación de Partes	2
5 Especificaciones Técnicas	3
6 Caracterización de mediciones	3
References	4

1. Calibración

Se calibró la balanza utilizando el método de múltiples puntos con el fin de ajustar la curva a diferentes niveles de masa. La linealización de las medidas se hizo con 13 medidas de masa de los 0g a los 1000g, el resultado de la linealización fue el siguiente:

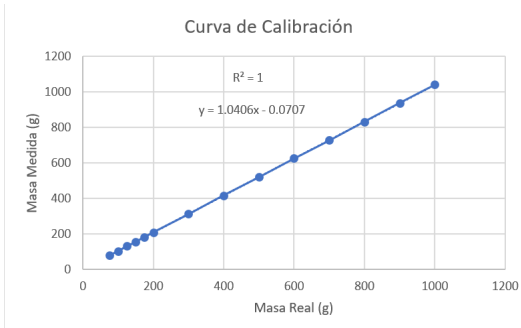


Figure 1. Curva de calibración de la balanza

Se puede apreciar que para corregir el valor se debe modificar el valor dado por el sensor para el ajuste de la pendiente de la recta. Para ello se multiplica por 1.040g y se resta 0.070g. El ajuste de la recta presenta un valor de $R^2 = 1$. La medida

del peso "real" se hizo con la balanza del laboratorio ML06 de la universidad de los andes.

2. Instrucciones de uso

Para utilizar la balanza de manera correcta, se debe conectar el Arduino Uno de la manera que se indica en la imagen a continuación.

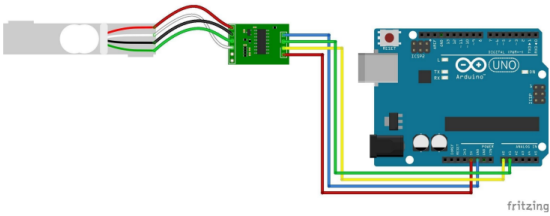


Figure 2. Diagrama de Conexión

- Se debe poner la balanza en un sitio estable y sin irregularidades ni inclinaciones.
- Cuando la balanza no tenga ningún peso encima, se debe oprimir el botón de reset del arduino mostrado en la imagen a continuación.

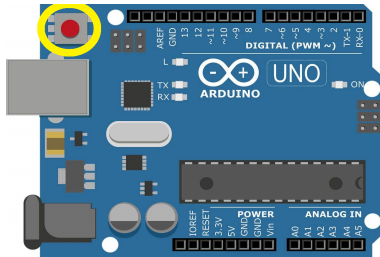


Figure 3. Botón Reset de Arduino

- Una vez el arduino fue reiniciado con éxito, se espera 5 segundos y se abre el IDE de arduino en un computador,

el IDE se puede encontrar utilizando el buscador de Windows y escribiendo "Arduino".

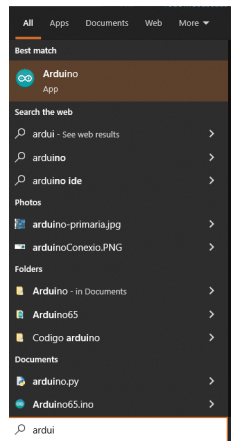


Figure 4. Búsqueda para el IDE de arduino

- Se abre el IDE, y se busca el botón mostrado a continuación en la parte superior izquierda de la ventana de arduino con el fin de abrir el monitor serial.



Figure 5. Búsqueda para el IDE de arduino

- Una vez se abre el monitor serial, se puede ver el peso del objeto sobre la balanza en el monitor serial. La respuesta de la balanza debe verse como la imagen a continuación

```

::: Universidad de los Andes :::
::: Instrumentación Electrónica - 2210:::
-: Balanza de instrumentación :-
Factor Cero: -31676
espere...
::: ¡BALANZA VACÍA! :::
espere...
... 3 ... 2 ... 1 ... 0
::: ¡Coloque un objeto! :::

Midiendo: 0.0 g
Midiendo: 0.0 g
Midiendo:

```

Figure 6. Monitor Serie

3. Diagrama Circuitual

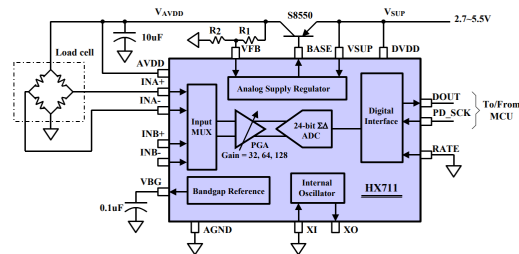


Figure 7. Diagrama circuitual de la balanza

1

La balanza está basada en un sensor resistivo que va conectado a unas resistencias en configuración puente de wheatstone con el fin de detectar un cambio de voltaje a medida que se agrega masa a la balanza. La salida del puente de wheatstone va a un multiplexor que selecciona cuál puente de wheatstone se va a leer (pues se puede leer dos cargas a la vez). La salida del multiplexor se amplifica utilizando con un amplificador con ganancia programable, se convierte a una salida digital mediante el ADC de 24 bits, se sincroniza con el reloj del arduino mediante un oscilador de cristal y se envían los datos hacia el mismo para ser mostrados en el monitor serial utilizando la interfaz digital del HX711.

El reloj del HX711 tiene una salida con el fin de sincronizar otros equipos digitales que pueden ser incorporados en un sistema más amplio.

4. Identificación de Partes

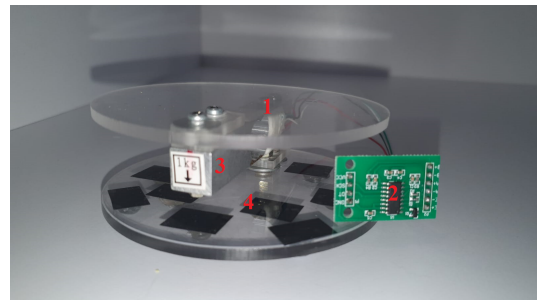


Figure 8. Foto del producto

A continuación se presentan las partes que componen la balanza, donde es posible observar que en la figura anterior están señaladas.

- Placa donde se pone el peso.
- Controlador HX711.
- Galga extensométrica.

¹Recuperado de: data sheet HX711 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

4. Base.

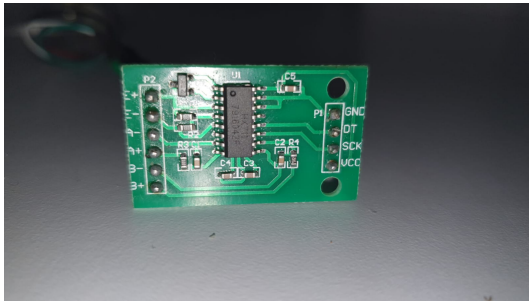


Figure 9. Controlador HX711 de cerca

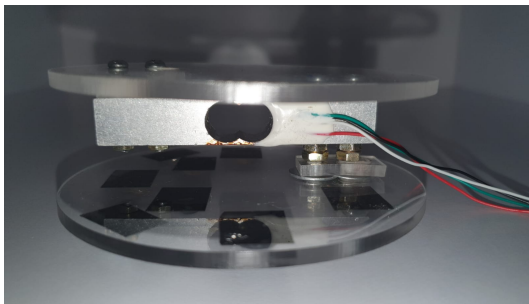


Figure 10. Galga extensiométrica de cerca

5. Especificaciones Técnicas

Especificaciones Técnicas		
Parametro	Valor Mínimo	Valor Máximo
Masa Soportada (g)	0	1200
Error en la medición (g)	-0.1	0.1
Tensión de Entrada al Arduino (V)	5	12
Bits de salida del HX711	-	24
Frecuencia del reloj (MHz)	1	20

Figure 11. Especificaciones técnicas

Considerando 24 bits de salidas del controlador HX711, así como un voltaje de alimentación de 5v, es posible calcular la resolución del dispositivo con la siguiente expresión:

$$r = \frac{F_s/2^{24}}{F_s} = \frac{5_v/2^{24}}{5_v} = 5.960464478 \cdot 10^{-8} \quad (1)$$

Adicionalmente, de manera experimental como se puede observar en las mediciones de la siguiente sección, la balanza del presente informe permite una adecuada medición de objetos alrededor de 1,2kg, conservando un error relativo cercano al 0,016%.

6. Caracterización de mediciones

Para la caracterización en cuanto al error relativo se realizaron cuatro pruebas de medición. Utilizando así, objetos medidos

en la balanza de referencia del laboratorio MI06, contemplando que esta tiene un error absoluto de 0,1gr.

En primer lugar, se realizó la medición acumulada de objetos de alrededor de 250 gr obteniendo un error relativo promedio de 0,002%.

Medición 1 Acumulada			
Objeto	Peso	Referencia	Error relativo
Paneta 4	263,2	263,2	0,000%
Paneta 3	518,3	518,2	-0,019%
Paneta 2	778,1	778,1	0,000%
Paneta 1	1022,6	1022,7	0,010%

Figure 12. Medición acumulada de pesos de alrededor de 250 gr.

En segundo lugar, se realizó la medición acumulada de objetos de alrededor de 50 gr obteniendo un error relativo promedio de 0,029%.

Medición 2 Acumulada			
Objeto	Peso	Referencia	Error relativo
Bolsa 1	45,8	45,8	0,000%
Bolsa 2	91,6	91,6	0,000%
Bolsa 3	136,8	136,8	0,000%
Bolsa 4	179,2	179,1	-0,056%
Bolsa 5	221,4	221,2	-0,090%

Figure 13. Medición acumulada de pesos de alrededor de 50 gr.

En tercer lugar, se realizó una histéresis iniciando por la acumulación de pesos de alrededor de 50 gr y la progresiva adición de pesos de 250 gr, obteniendo un error relativo promedio de 0,031%. En esta se puede observar que el peso acumulado alcanza una medición adecuada aún superando 1,2 kg.

Medición 3 Acumulada (menos a más)			
Objeto	Peso	Referencia	Error relativo
Bolsa 1	45,8	45,8	0,000%
Bolsa 2	91,6	91,6	0,000%
Bolsa 3	136,8	136,8	0,000%
Bolsa 4	179,2	179,1	-0,056%
Bolsa 5	221,4	221,2	-0,090%
Paneta 1	466	465,8	-0,043%
Paneta 2	726	725,7	-0,041%
Paneta 3	981	980,7	-0,031%
Paneta 4	1244,1	1243,9	-0,016%

Figure 14. Medición acumulada de pesos en histéresis de pesos menores a mayores.

En la siguiente gráfica se graficaron las mediciones empleadas como referencia y los datos experimentales con el proceso planteado, se puede observar que la correlación entre estos datos es muy cercana en tanto a la proximidad de la pendiente a uno.

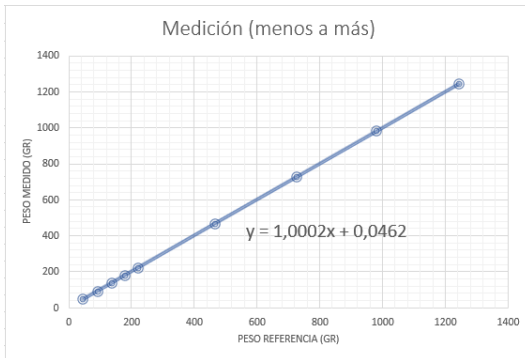


Figure 15. Medición acumulada de pesos en histéresis de pesos menores a mayores.

Finalmente, se realizó una histéresis iniciando con un peso acumulado con elementos de alrededor de 250 gr y 50 gr, retirando en cada iteración uno a uno en el orden descendente de la tabla. Se obtuvo un error relativo promedio de 0,18%.

Medición 4 Acumulada (más a menos)			
Objeto	Peso	Referencia	Error relativo
Inicial	1243,3	1243,9	0,048%
Panela 1	999,2	999,3	0,010%
Panela 2	739,3	739,4	0,014%
Panela 3	484,5	484,4	-0,021%
Panela 4	221,3	221,2	-0,045%
Bolsa 1	175,4	175,4	0,000%
Bolsa 2	129,7	129,6	-0,077%
Bolsa 3	84,4	84,4	0,000%
Bolsa 4	42	42,1	0,238%

Figure 16. Medición acumulada de pesos en histéresis de pesos mayores a menores.

En la siguiente gráfica se graficaron las mediciones empleadas como referencia y los datos experimentales con el proceso planteado, se puede observar que, al igual que en el anterior set de mediciones, la correlación entre estos datos es muy cercana en tanto a la proximidad de la pendiente a uno.

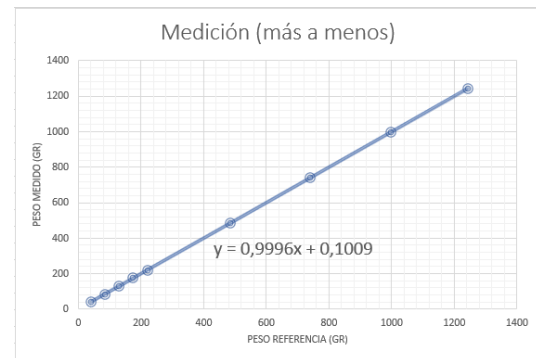


Figure 17. Medición acumulada de pesos en histéresis de pesos mayores a menores.

ES posible considerar una histéresis muy reducida e incluso despreciable en tanto es poco significativo para la medición del peso mediante la utilización del instrumento diseñado.

References

- 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales HX711, recuperado de: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf