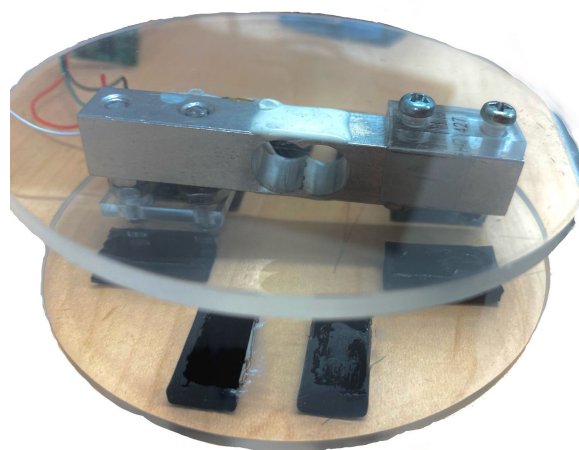


Datasheets  
Uniandes

# SCDA (Sistema de Carga con Deposito de Agua) v1.1

## 1 Visión General

- Instrumento para realizar mediciones de peso
- Rango de medición: 0Kg - 1.0Kg
- Señal de entrada 5V
- Recalíbrable
- Respuesta en 1 - 1.5 segundos
- PWM escalable entre 0 a 255
- Caudal de 2.6 a 4.2  $\frac{ml}{s}$



## 2 Paso a paso

### 2.1 Uso de la balanza

1. Para empezar a usar la balanza es necesario tener todas las conexiones indicadas previamente entre la galga el modulo y el Arduino.
2. Si es la primera vez que se usa la balanza es necesario subir el código de la balanza al Arduino
3. Una vez subido el código en el Arduino lo primero que se debe hacer es abrir la consola.
4. Una vez iniciado el programa se debe esperar 5 segundos a que la balanza tare el punto 0.
5. Posteriormente colocar el objeto a pesar en el centro de la placa superior.
6. Después de aproximadamente 3 segundos empezara a ver en consola los valores pesados por la balanza.
7. Espere hasta que el valor registrado en consola se vuelva estable.

### 2.2 Uso de la mini bomba con la balanza

1. Para empezar a usar la mini bomba de agua es necesario realizar el montaje indicado de forma previa. Cabe resaltar que no se puede modificar ninguna de las condiciones de la bomba, es decir la distancia entre la pesa y la bomba debe permanecer constante. El modelo no funcionara de forma correcta a menos de que la manguera de la bomba este a la misma altura en ambos extremos.
2. Si es la primera vez que se usa la bomba es necesario subir el código de esta al Arduino.

3. Una vez subido el código en el Arduino se procede a poner el recipiente que se va a usar para medir el agua en la balanza.
4. Esperar 5 segundos a que la balanza tare el punto 0.
5. En el computador que se va a usar se abre la consola del Arduino.
6. Cuando quiera empezar a verter agua en el recipiente escriba “+” en consola y presione la tecla enter.
7. En una segunda ventana de Arduino abra el código de la balanza para ver los valores medidos por esta.
8. Para dejar de verter agua en el recipiente escriba “-” en consola y presione la tecla enter.
9. Compruebe el valor final medido por la balanza

### 3 Diagrama Circuital

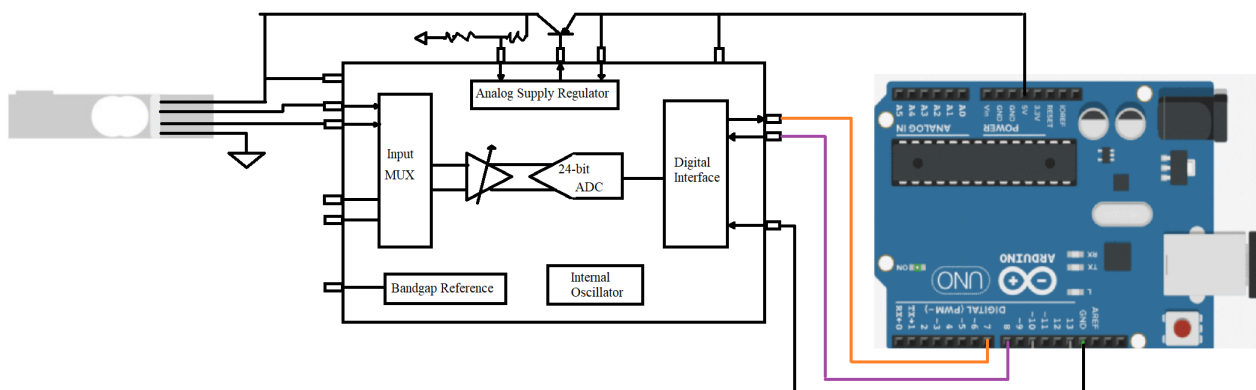


Figure 1: Diagrama de circuito del SCDA propuesto

## 4 Diagrama de partes

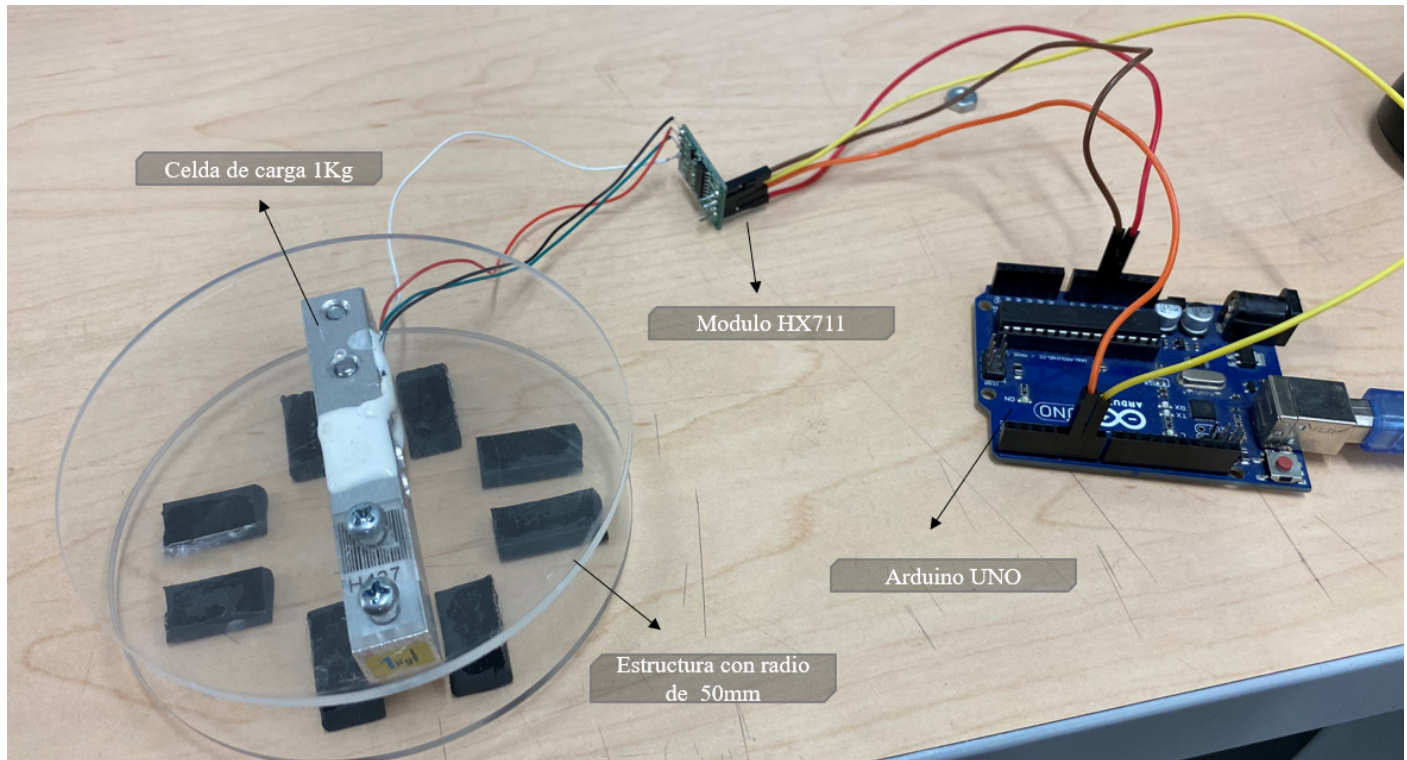


Figure 2: Diagrama de partes del SCDA

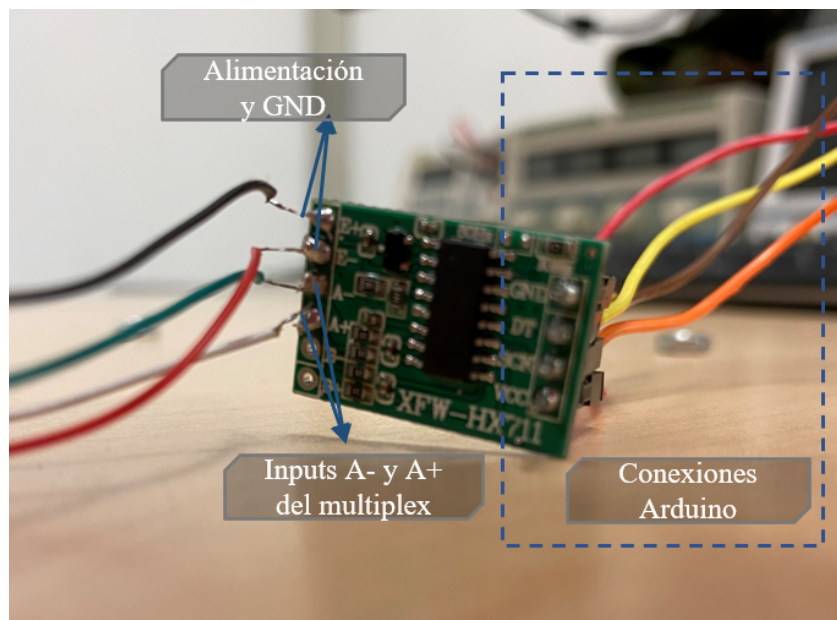


Figure 3: Diagrama de partes HX711

## 5 Propiedades y especificaciones técnicas

Para la evaluación de especificaciones se tendrán en cuenta las características principales de las partes, junto con el conjunto del prototipo.

- **Celda de Carga**

Entre las principales características de la celda de carga encontramos lo siguiente:

Propiedades	Celda de Carga
Capacidad de Nominal - g	0-1000g
Salida nominal	1,0 $\pm$ 0,15mV/V
Material	Aluminio Anodizado
Sensibilidad de mv	0.02% FS
Error combinado - % salida nominal	0,03% FS
Creep de capacidad nominal - % salida nominal	20 min: < 0,03%; 08 hrs: < 0,05%
Cero inicial - % salida nominal	$\pm 1g$
	-20°C a 60°C
Temperatura de trabajo compensada - °C	0°C a 50°C
Error excentricidad de conformidad OIML	> 3000 divisiones
Efecto de la temperatura - ppm/°C de la salida nominal	en el cero: < 30°C
Máx. sobrecarga s/ alteraciones - % cap. Nominal	150%
Sobrecarga de ruptura - % cap. Nominal	200%
Voltaje de funcionamiento	3VDC - 10VDC
Resistencia eléctrica entrada - ohms	1115 $\pm$ 10% $\Omega$
Resistencia eléctrica salida - ohms	1000 $\pm$ 10% $\Omega$
Resistencia de aislación (50 VCC máx.) - megaohms	$\geq 1000M\Omega$
Deflexión de máxima - mm a cap. Nominal	<1mm
Grado de protección (IP)	IP65
Plataforma máxima - mm	80x12.7x12.7mm
Peso	31g

Figure 4: Características de Celda de Carga

- **Modulo HX711**

Para la evaluación del modulo, se tomo en cuenta las principales fuentes de error propagadas por la entrada y salida, dependiendo de la selección de ganancia a través del MUX de selección, para este caso una ganancia de 128 conectados al puerto  $A^+$  y  $A^-$ .

Propiedades	HX711
Rango de entrada	$\pm 0,5V$ FS
Frecuencia de salida (oscilador interno)	10Hz
Ganancia PGA (seleccionador MUX)	32 - 64 - 128
Compensación de entrada (G = 128)	0,2mV
Ruido de entrada	50nV(rms)
Clock	20MHz

Figure 5: Características modulo HX711

- **Mini bomba 6V**

Para este caso se uso una mini bomba de 6V con las siguientes especificaciones tomadas de la referencia [4], en conjunto de un driver tipo puente H para controlar el ancho de pulso de la señal.



Propiedades	Minibomba 6V
Voltage de operación (V)	2,5-6
Elevación de flujo (cm)	40-110
Caudal teórico (ml/s) sin carga	22,22-33,33
Tamaño orificio de salida (mm)	7,5
Tamaño orificio de entrada (mm)	5
Diametro aprox. (mm)	24
Longitud aprox.(mm)	45
Altura aprox. (mm)	30
Material de construcción	PET
Levante aprox. (cm)	40-110
Tipo de motor	Brushless
Vida útil. (Hrs)	500

Figure 6: Características de la bomba del sistema

#### • Driver L293D

Para la configuración del PWM se realizo por medio de un driver puente H, haciendo uso de un arreglo en H de interruptores para inversión de giro (para la turbina). De esta forma dependiendo del ancho de la señal dando una estabilización de voltaje mapeado para nuestro caso de 0 a 255.

Propiedades	L293D	Observaciones
Voltage de operación (V)	Vss-36	Vss=5V para cada canal
Voltage Logico (V)	4,5-36	
Delay de encendido (ns)	750	
Delay de apagado (ns)	200	
Voltage de salida (V)	4,5-36	
Corriente de Salida (mA)	600	

Figure 7: Características del driver L293D

La frecuencia de trabajo del modulo oscila entre 0 a 5KHz, la configuración de esta se da por comunicación digital.

#### • Arduino UNO R3

Para este caso se hizo uso de una plataforma de prototipo rápido, basada en el microcontrolador ATmega328P con un clock de 16MHz, junto con una resolución de 10 bits, por lo tanto, tendríamos lo siguiente:

$$2^{10} \rightarrow 0 - 1023 \rightarrow 1024 \quad (1)$$

La lectura se realiza de 0-5v por lo tanto

$$R = \frac{5v - 0v}{1024} = 4.88mV \quad (2)$$

#### • Resolución general del SCDA

Para el calculo de la resolución del SCDA obtenemos la resolución de medida del modulo. Según la referencia [2] el HX711 es un ADC de precisión con un formato 24 bits, con un rango de medición de entrada entre los 20mV y los 40mV.

Obteniendo lo siguiente:

$$R = \frac{(40 - 20)mV}{2^{28}} = 7,45058 * 10^{-26}mV \quad (3)$$

Sin embargo, a pesar de la resolución del modulo, la galga es mas imprecisa sufriendo en casos de creep o deformación permanente, para el caso de la referencia [3] tiene un voltaje diferencial de  $\pm 40mV$  este es amplificado por 128, por lo que en realidad tendrá la siguiente expresión:

$$R = \frac{(40mV + 0.2) * 128}{2^{28}} = 1.9 * 10^{-5}mV \quad (4)$$

Donde el 0.2mV es la compensación. Si tomamos el error asociado 0.03% full scale, tendríamos que la resolución es

$$\frac{40mV * 128 * 0.03\%}{2^{28}} = 5.72 * 10^{-9}mV \quad (5)$$

Teniendo una resolución real de

$$R_{real} = 1.9 * 10^{-5} \pm 5.72 * 10^{-9}mV \quad (6)$$

#### • Sensibilidad del SCDA

Para la galga corresponde a 0.02% de la escala completa, implicando una sensibilidad de 0.008mV para su variación de 40mV, por otro lado, el modulo concibe una sensibilidad de 0.5% para una entrada de 20mV, por lo que tendrá una sensibilidad de 0.1mV adoptándola como la general del sistema.

## 6 Condiciones de operación

Para el funcionamiento apropiado de la balanza es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones

- No ponga un peso mayor a lo indicado por la galga en la balanza (10Kg).
- El voltaje de operación debe estar entre 2.6V-5.5V
- Temperatura de operación -40 -85°C.
- Evite el contacto con el agua en la zona circuital.
- La altura del reactor con la balanza se debe encontrar a  $11.9 \approx 12$  cm del sistema de referencia inercial. (Para cumplir con la curva de la bomba)
- La altura del contenedor desde la base debe estar a  $28cm \approx 30$  cm del marco de referencia inercial.
- La bomba de agua siempre debe estar sumergida en agua, de lo contrario esta se puede quemar. Asegúrese de que el nivel de agua en el tanque es mayor al nivel de agua máximo que se va a verter en el recipiente.

## 7 Troubleshooting

En casos se puede presentar que el modulo obtenga los resultados de la celda de carga o directamente no la reciba como sensor. Este problema puede estar asociado con la alimentación del modulo hacia la galga, ya que, esta al no ser estable o no superar la resistencia de entrada del puente de wheatstone, por lo que se recomienda realizar un puente entre  $E^+$  y VCC, solo en caso de ser necesario.

## 8 Curva de calibración y $R^2$

TABLA DE MUESTREO						
Valor Real [g]	Muestra 1 [g]	Muestra 2 [g]	Muestra 3 [g]	Muestra 4 [g]	Muestra 5 [g]	Muestra Media [g]
20	19.96	19.99	19.96	19.98	20.07	19.992
50	50.08	50.05	50.12	50.1	50.06	50.082
100	99.99	100.09	100.08	100.07	100.09	100.064
200	199.89	199.9	199.94	199.91	199.92	199.912
500	497.84	497.92	497.81	497.79	497.78	497.828

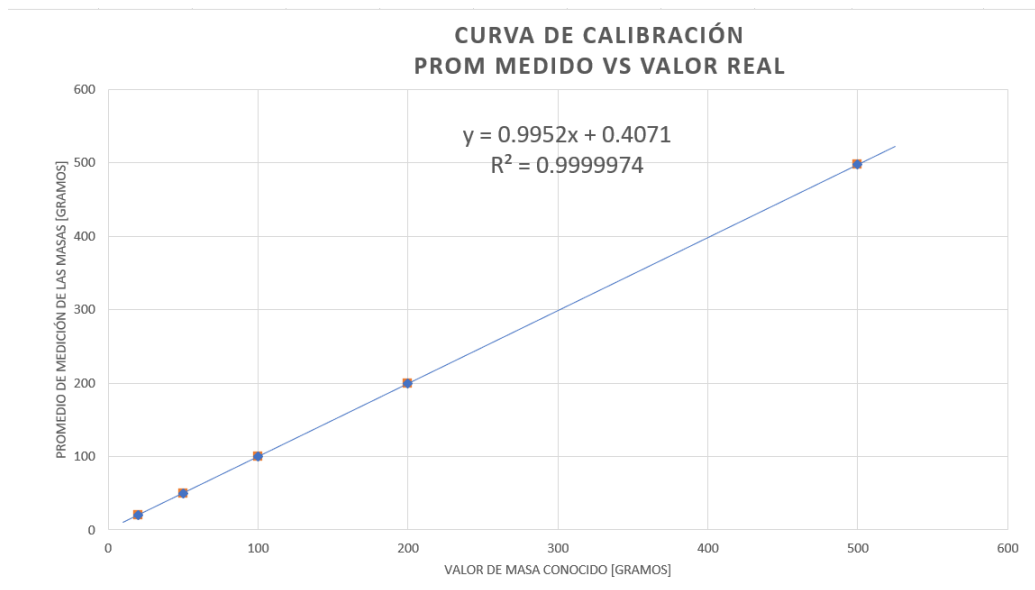


Figure 8: Curva de calibración a partir de la tabla de muestreo

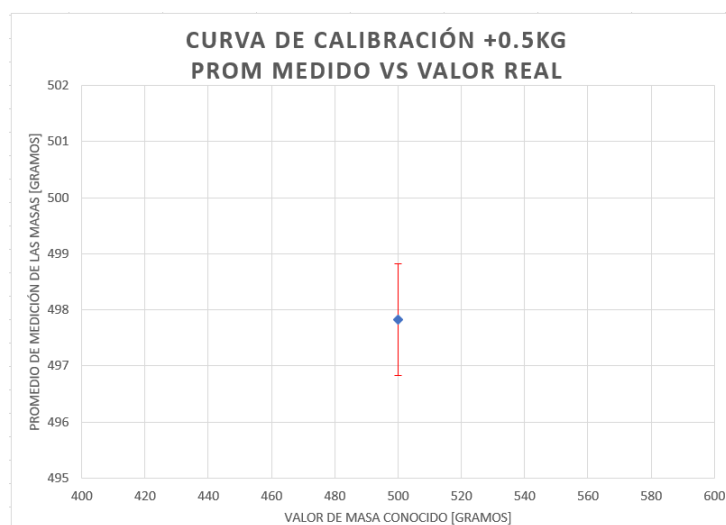


Figure 9: Curva de calibración para el valor puntual de 500 gramos

## 9 Curva de caracterización de la mini-bomba de agua

La caracterización es realizada a partir de las siguientes mediciones:

TABLA DE MUESTREO					
PMW [%V]	Caudal 1 [ml/s]	Caudal 2 [ml/s]	Caudal 3 [ml/s]	Caudal 4 [ml/s]	Caudal Medio [ml/s]
<150	0	0	0	0	0
150	2.65	2.68	2.68	2.70	2.68
160	2.88	2.91	2.91	2.97	2.92
170	3.19	3.13	3.16	3.27	3.19
180	3.55	3.55	3.54	3.56	3.55
190	3.63	3.66	3.73	3.65	3.67
200	3.78	3.82	3.76	3.75	3.78
210	3.90	3.97	4.00	4.03	3.98
240	4.18	4.11	4.24	4.17	4.18
255	4.21	4.13	4.10	4.27	4.19

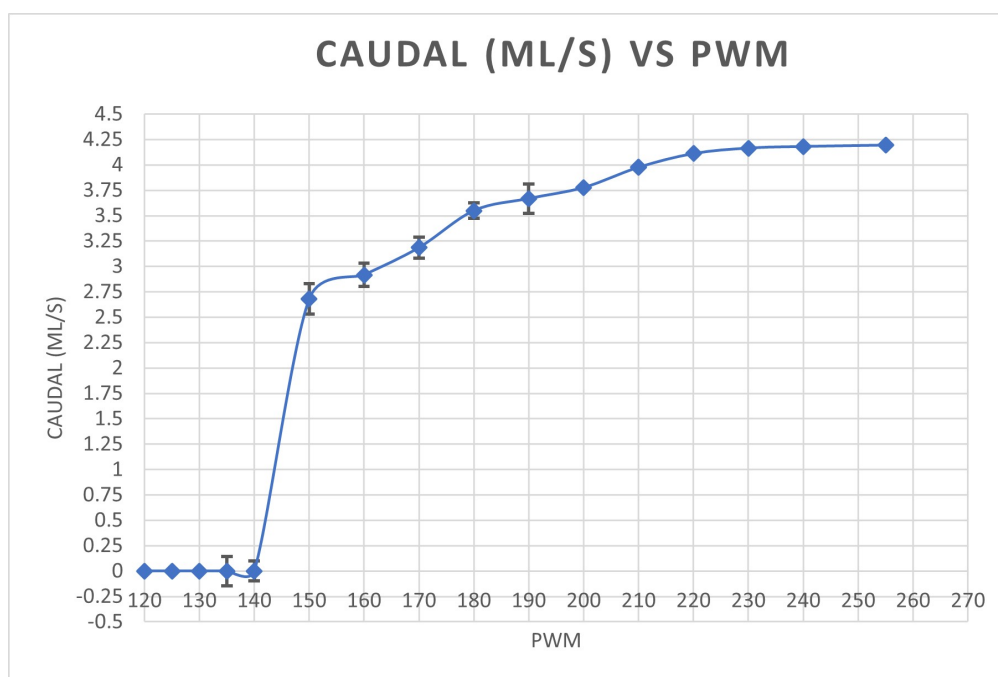


Figure 10: Curva de calibración a partir de la tabla de muestreo

La gráfica anterior permite evidenciar la caracterización del dispositivo construido, la bomba de agua, a partir de la variación de el *PWM* (porcentaje de voltaje) inyectado al motor bajo condiciones controladas. Inicialmente se puede observar que existe una zona muerta presente desde 0 hasta 140. Lo que está zona indica no es que el motor no funcione para estos valores en concreto -pues la bomba de agua posee un voltaje de activación a partir de los 100 *PWM* aproximadamente- sino que indica a su vez que entre el voltaje necesario para activación y los 150 *PWM* no obtiene el caudal necesario para romper la barra de potencial determinada por las condiciones iniciales del montaje, específicamente de la posición y ángulo de inclinación de la manguera, que para está caracterización se manejó bajo un ángulo aproximadamente de 40°.

Una vez rota la barrera de potencial, la curva obtenida permite evidenciar un comportamiento con tendencias semi lineales desde los 150 *PWM* hasta los 200 *PWM*, a lo cual se le denominaría como la región activa. Posteriormente, la curva adopta una tendencia logarítmica con una asíntota horizontal en 4.25 [ml/s] a partir de los 200 *PWM* hasta el porcentaje de voltaje máximo de 255 *PWM*, esta región se considera como saturación, puesto que desde los 200 se evidencia que la variación en el caudal es mínima, por lo cual la bomba de agua ya estaría aproximada a su caudal máximo -según las condiciones iniciales- desde dicho voltaje..



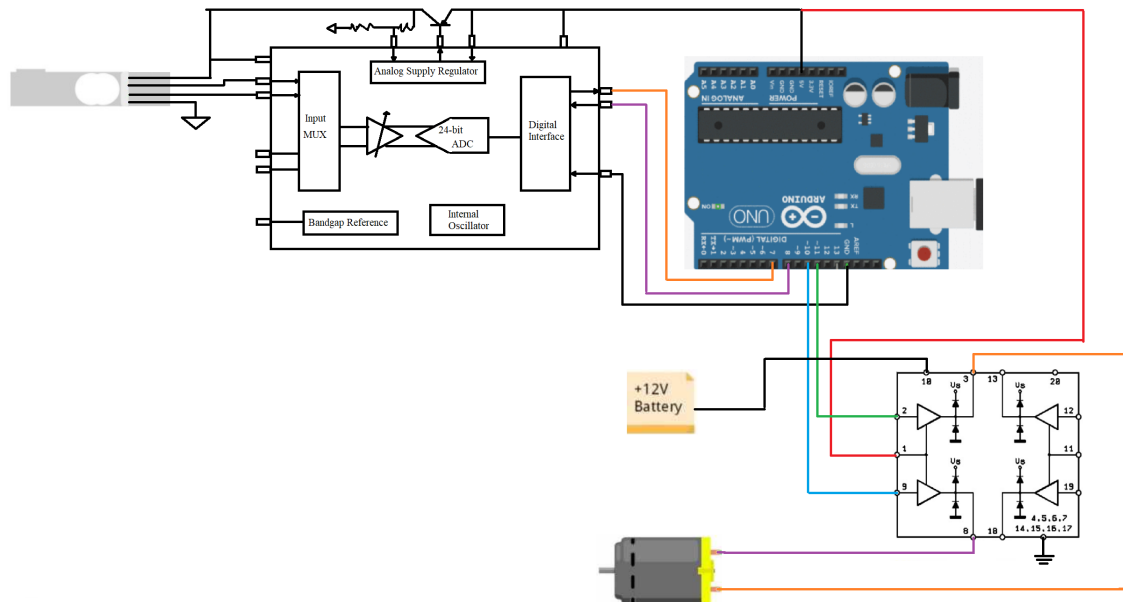


Figure 11: Diagrama circuital incluyendo la mini-bomba de agua

## References

- [1] "Celda de Carga de 1Kg - Moviltronics". Moviltronics. <https://moviltronics.com/tienda/celda-1kg/> (accedido el 24 de febrero de 2022).
- [2] [https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf) (accedido el 24 de febrero de 2022).
- [3] "Celda De Carga 1Kg YZC-133". VISTRONICA S.A.S. <https://www.vistronica.com/sensores/presion/celda-de-carga-1kg-ycz-133-detail.html> (accedido el 24 de febrero de 2022).
- [4] "Mini Bomba de Agua 120L/H 2.5/6V". Arca Electrónica. [https://www.arcaelectronica.com/products/mini-bomba-120l-h-2-5-6v?variant=21558749528153&currency=COP&utm\\_medium=product\\_sync&utm\\_source=google&utm\\_content=sag\\_organic&utm\\_campaign=sag\\_organic&utm\\_campaign=gs-2021-07-01&utm\\_source=google&utm\\_medium=smart\\_campaign&gclid=CjwKCAiAyPyQBhB6EiwAFUuakv\\_7FS9DqF3VmHFUPjuRaahNqRR6j2M9dGd\\_m5LFfnNEkqUqcGO73xoCkaQQAvD\\_BwE](https://www.arcaelectronica.com/products/mini-bomba-120l-h-2-5-6v?variant=21558749528153&currency=COP&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&utm_campaign=gs-2021-07-01&utm_source=google&utm_medium=smart_campaign&gclid=CjwKCAiAyPyQBhB6EiwAFUuakv_7FS9DqF3VmHFUPjuRaahNqRR6j2M9dGd_m5LFfnNEkqUqcGO73xoCkaQQAvD_BwE) (accedido el 3 de marzo de 2022).