

GRADO EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TRABAJO FIN DE GRADO

ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y MONITORIZACIÓN DE SEÑALES VÍA XBEE EN EL ENTORNO LABVIEW

DOCUMENTO 2- CÁCULOS HARDWARE

Alumno/Alumna: Fuente, Fernández, Ivon

Director/Directora (1): Oleagordía, Aguirre, Iñigo Javier

Curso: 2017-2018

Fecha: 23/07/2018

Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	ESTACIÓN DE SENSORES.....	5
2.1	SENSOR DE TEMPERATURA.....	5
2.1.1	SENSOR.....	6
2.1.2	ACONDICIONADOR DE SEÑAL.....	7
2.2	ANEMÓMETRO (<i>Sensor de velocidad del viento</i>).....	9
2.2.1	SENSOR (Opción 1).....	9
2.2.2	ACONDICIONADOR DE SEÑAL.....	11
2.2.3	MOTIVOS DESESTIMACIÓN.....	14
2.2.4	SENSOR (Opción 2).....	15
2.2.5	ACONDICIONADOR DE SEÑAL.....	17
2.3	SENSOR DE LUMINOSIDAD.....	19
2.3.1	SENSOR.....	19
2.3.2	ACONDICIONADOR DE SEÑAL.....	20
2.4	MÓDULO SENSOR DE TEMPERATURA REMOTO.....	22
2.4.1	SENSOR.....	22
2.4.2	ACONDICIONADOR DE SEÑAL.....	23
2.4.3	FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	26
3	DAQ.....	28
3.1	TENSIÓN ALIMENTACION.....	28
3.1.1	CONEXIÓN A TRAVÉS DE FUENTE EXTERNA VÍA ENTRADA 2,1MM.....	28
3.1.2	ALIMENTACIÓN VÍA PUERTO SERIE.....	29
3.2	ENTRADAS ANALÓGICAS.....	29
3.3	PINES ALIMENTACIÓN.....	30
4	MONTAJE FINAL PLACA COMPLETA.....	31
5	RESULTADOS OBTENIDOS.....	32
6	CONCLUSIONES.....	34
7	BIBLIOGRAFÍA.....	34

Índice de figuras

Figura 1.1. Diagrama General de Bloques	5
Figura 2.1. Sensor LM35	6
Figura 2.2. Encapsulado LM358	7
Figura 2.3. Circuito acondicionador de señal LM35	7
Figura 2.4. Comportamiento de la señal en función de la temperatura	9
Figura 2.5. Disco con franjas opaco-traslucidas	10
Figura 2.6. Sensor I236 H21A.....	10
Figura 2.7. Circuito LM331	11
Figura 2.8. Diagrama Funcional LM331	12
Figura 2.9. Circuito acondicionador de señal LM331.....	14
Figura 2.10. Montaje Anemómetro-Motor DC.....	15
Figura 2.11. Medición de la tensión en función de la velocidad	16
Figura 2.12. Tensión de salida en función de la velocidad del viento	17
Figura 2.13. Circuito seguidor de tensión LM358	18
Figura 2.14.Circuito Acondicionador Sensor Luminosidad.....	20
Figura 2.15. Tensión de salida en función de la luminosidad.....	21
Figura 2.16. Sensor LM35	23
Figura 2.17. Encapsulado LM358	23
Figura 2.18. Circuito acondicionador de señal LM35.....	24
Figura 2.19. Comportamiento de la señal en función de la temperatura	26
Figura 2.20.Regulador de tensión L7805ACV	27
Figura 2.21. Circuito L7805ACV	27
Figura 2.22. Placa Sensor Remoto	27
Figura 3.1. Hardware Arduino Uno.....	28
Figura 3.2. Alimentación vía Coaxial 2,1mm.....	28
Figura 3.2. Conexión USB Arduino Uno.....	29
Figura 4.1. Montaje Completo	31
Figura 4.2. Montaje Completo_2.....	32
Figura 5.1. Resultados obtenidos.....	33

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Especificaciones técnicas sensor LM35	6
Tabla 2.2. Características LDR Sensor de luminosidad	20
Tabla 2.3. Especificaciones técnicas sensor LM35	23
Tabla. 3.1. Características Entradas Analógicas Arduino Uno	29
Tabla 3.2. Características Salida Transductores	30

1 INTRODUCCIÓN

Como se ha descrito en la memoria, el proyecto consta de diferentes dispositivos de tipo hardware empleados para generar por una parte la estación de sensorización y por otra parte la tarjeta de adquisición de datos de bajo coste. El diagrama general de bloques del proyecto es el siguiente.

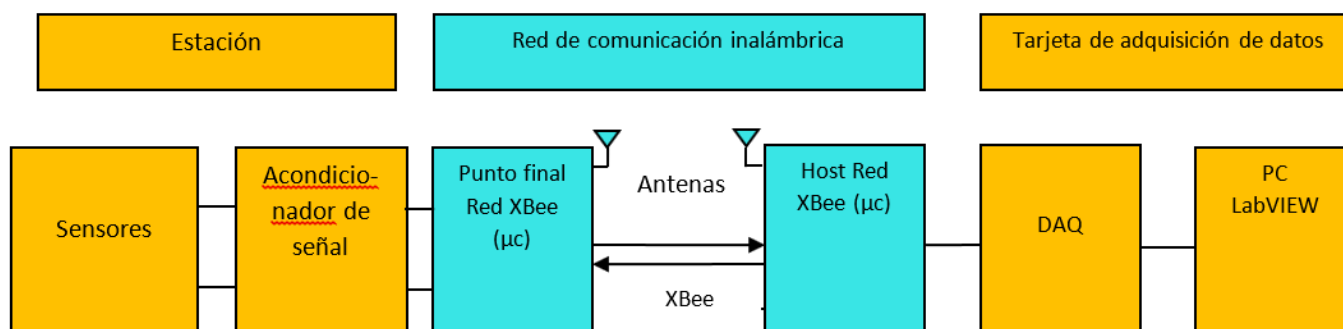


Figura 1.1. Diagrama General de Bloques

En el caso del diagrama general de bloques y como inicio del proyecto, se planteó la comunicación inalámbrica de todos los sensores en una única estación. En la realidad, como se ha expuesto en la memoria, se han cableado 4 y un quinto de temperatura si que se ha implementado con comunicación inalámbrica.

Por lo tanto, atendiendo a la parte del diagrama de bloques coloreada en naranja que es la parte que pertenece al presente proyecto se diferencian dos esquemas hardware diferentes. El primero de ellos corresponde a la tarjeta de adquisición de datos y los sensores cableados y otra al módulo-estación con comunicación vía XBee.

2 ESTACIÓN DE SENSORES

2.1 SENSOR DE TEMPERATURA

Antes de seleccionar el sensor de medida de temperatura, se han de conocer las condiciones ambientales a las que será sometido. En este caso, el rango de temperatura ambiente a la que será sometido el dispositivo dentro de casa estará comprendido entre 0 – 50 °C (siempre en rango positivo).

2.1.2 ACONDICIONADOR DE SEÑAL

Con el fin de realizar una lectura de las medidas más eficiente se amplifica la señal emitida por el LM35 mediante un circuito acondicionador de señal. El diseño empleado es muy sencillo y se basa en la realización de un circuito amplificador no inversor mediante el empleo del circuito integrado LM 358.

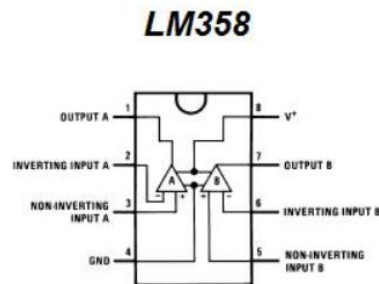


Figura 2.2. Encapsulado LM358

Para obtener una sensibilidad de aproximadamente $35 \frac{mV}{^{\circ}C}$ se deberá obtener una ganancia en el circuito de:

$$\Delta V = 3,5$$

Ya que como se ha citado anteriormente sensibilidad del sensor LM35 es de $10 \frac{mV}{^{\circ}C}$. El esquema se expone a continuación y su ganancia se fija por medio de los valores de las resistencias R1 y R, de $4k\Omega$ (Valor normalizado sería de $4,4 k\Omega$) y $10k\Omega$ respectivamente.

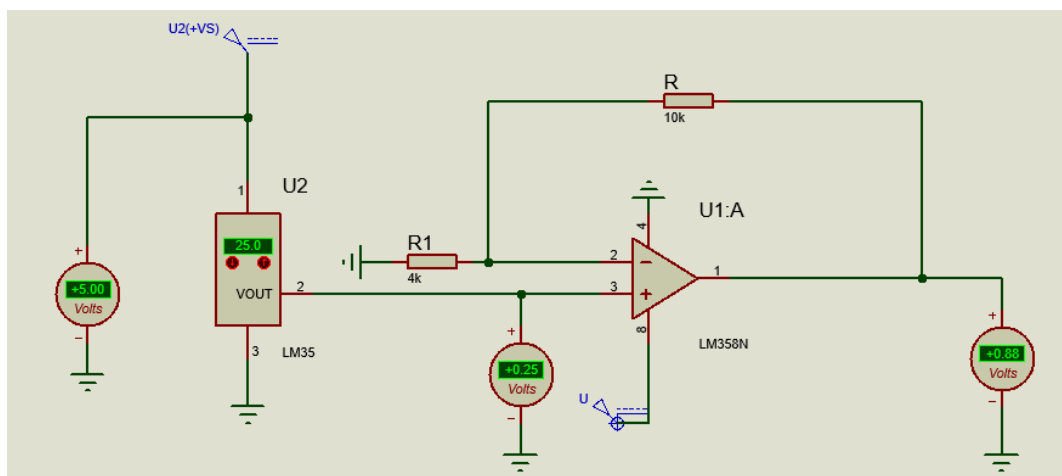


Figura 2.3. Circuito acondicionador de señal LM35

Con la configuración mostrada en el esquema el valor de la salida obedece a la siguiente expresión:

Valor de la ganancia del circuito amplificador no inversor:

$$\Delta V = \frac{R + R_1}{R_1} = \frac{10 \text{ k}\Omega + 4,4 \text{ k}\Omega}{4,4 \text{ k}\Omega} \cong 3,3$$

Sabiendo el valor aproximado de la ganancia, se obtiene el valor de la salida en función de la temperatura y obedece a la siguiente función. (se analizará empíricamente el valor final una vez montados los componentes ya que existen rangos de tolerancias en los componentes resistivos que alteran el valor final real).

$$V_o = \Delta V * 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} = 3,3 * 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} = 33 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}}$$

Gracias a la aplicación de la correspondiente ganancia se consigue obtener una variación de la tensión en base a la temperatura perceptible. El valor de la tensión de salida a temperatura ambiente (25°C) será igual a:

$$V_{o(25)} = \frac{R + R_1}{R_1} \cdot 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} * 25 = 3,3 * 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} * 25 = 825 \text{mV} = 0,825 \text{V}$$

Tª Ambiente = 25°C → Salida = aprox 0,825V

La gráfica correspondiente a la tensión de salida en base a la temperatura tendrá el siguiente aspecto para los rangos entre (0 – 50°C)

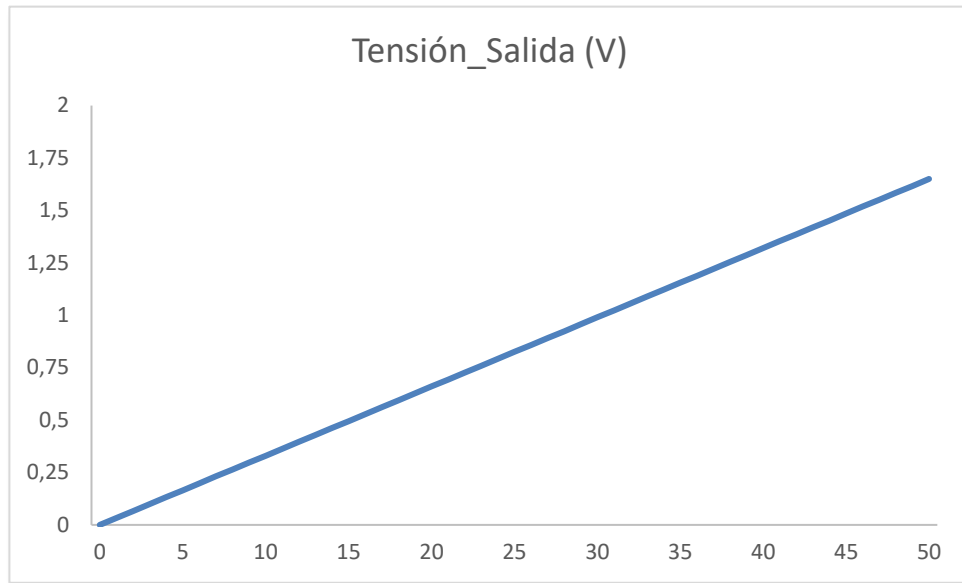


Figura 2.4. Comportamiento de la señal en función de la temperatura

Como se puede observar el comportamiento del circuito es muy lineal en todo el rango de temperaturas. Se montarán dos sensores redundantes en el proyecto para disponerlos en diferentes puntos de la estancia, esto permitirá regular diferentes temperaturas en diferentes estancias de la casa.

2.2 ANEMÓMETRO (*Sensor de velocidad del viento*)

2.2.1 SENSOR (Opción 1)

Los perfiles del anemómetro tienen un desfase de 120° entre sí, permitiendo de esta manera medir la velocidad del viento en todas direcciones. Dependiendo de la velocidad con la que incida el viento en el soporte, este girará a diferente velocidad. Dicho giro variable, genera en el mástil una velocidad angular variable también. Para realizar la conversión de la variable física del movimiento de los perfiles en una variable eléctrica medible, se fuerza el giro de un disco solidario al mástil. Dicho disco se coloca perpendicularmente al mástil en la zona inferior.

En el disco se pintan franjas opacas y traslucidas intercaladas a lo largo de toda su área de la siguiente manera:

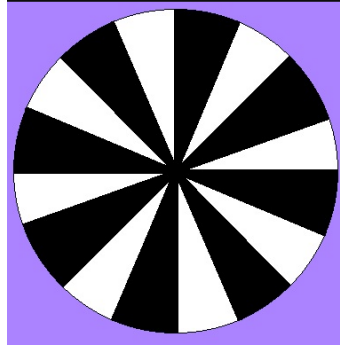


Figura 2.5. Disco con franjas opaco-traslucidas

Si en el extremo del disco se coloca un sensor óptico, en el momento en el que detecte las franjas opacas y translúcidas, generara una señal pulsante. Dicha señal pulsante variará su frecuencia en función de la velocidad a la que gire el disco.

Para realizar la conversión de la variable física en digital se emplea el sensor óptico I236 H21A. El I236 H21A acoplado en el extremo del disco, que entrega 5v cuando se corta el haz de luz, y capta un número determinado de pulsos por vuelta gracias a la disposición de las franjas opacas pintadas en el disco transparente.

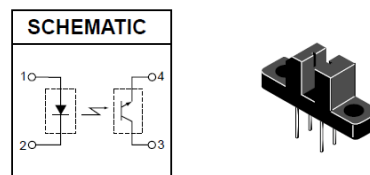


Figura 2.6. Sensor I236 H21A

El I236 H21A está formado por un diodo emisor de infrarrojos (Arseniuro de Galio), y un fototransistor de Silicio encapsulados. El recipiente está diseñado para otorgar la máxima resolución posible, el mayor rechazo a la luz ambiental posible y ser lo más fiable posible. El hueco entre emisor y receptor permite modificar el estado de High-Low mediante una superficie opaca.

2.2.2 ACONDICIONADOR DE SEÑAL

El giro del disco otorgará pulsos de frecuencia variable de amplitud 5V dependiendo de la velocidad del viento. Para obtener una tensión de salida variable se emplea un conversor F-V.

Conversor F-V

La señal pulsante de 0-5 V obtenida se convierte en una tensión continua de valor variable. La idea es tratar de obtener una tensión continua variable con la velocidad del viento. Para ello se emplea un conversor frecuencia tensión.

El circuito empleado para obtener el conversor es el LM331 de Texas Instruments. El conversor LM331 es un integrado de gran versatilidad que puede operar con fuente simple y con errores aceptables en el rango de 1 Hz a 10 KHz.

Está pensado para realizar tanto la conversión tensión-frecuencia, como para la conversión frecuencia-tensión.

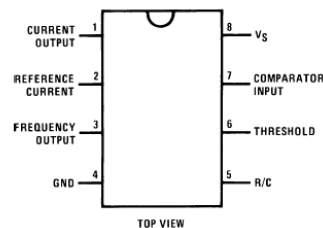


Figura 2.7. Circuito LM331

Características más relevantes

- ✓ Error de no linealidad de la escala $\rightarrow (T_{min} < T < T_{max}) \rightarrow 0,02$ % de fondo de escala
- ✓ Error de no linealidad de la escala (circuito típico de aplicación) $\rightarrow 0,14$ % de fondo de escala
- ✓ Factor de conversión de la escala (ganancia):
 - ✓ $G_{min} = 0,90 \frac{KHz}{V}$
 - ✓ $G_{typ} = 1,00 \frac{KHz}{V}$
 - ✓ $G_{max} = 1,10 \frac{KHz}{V}$
- ✓ Cambio de la ganancia con V_{cc} (de 4,5 V a 10 V) $\rightarrow 0,1 \frac{\%}{V}$

- ✓ Estabilidad en temperatura de la ganancia $\rightarrow 50 \frac{ppm}{^\circ C}$
- ✓ Estabilidad de la ganancia en el tiempo (sobre 1000 hs) $\rightarrow 0,02\%$ de fondo de escala
- ✓ Referencia de voltaje (pin 2):
 - ✓ $V_{min} = 1,70 V$
 - ✓ $V_{typ} = 1,89 V$
 - ✓ $V_{max} = 2,08 V$
- ✓ Estabilidad en temperatura $\rightarrow 60 \frac{ppm}{^\circ C}$
- ✓ Estabilidad en el tiempo (sobre 1000 hs) $\rightarrow 0,1\%$
- ✓ Fuente de corriente (pin 1):
 - ✓ $I_{min} = 116 A$
 - ✓ $I_{typ} = 136 A$
 - ✓ $I_{max} = 156 A$
 - ✓

Diagrama Interno

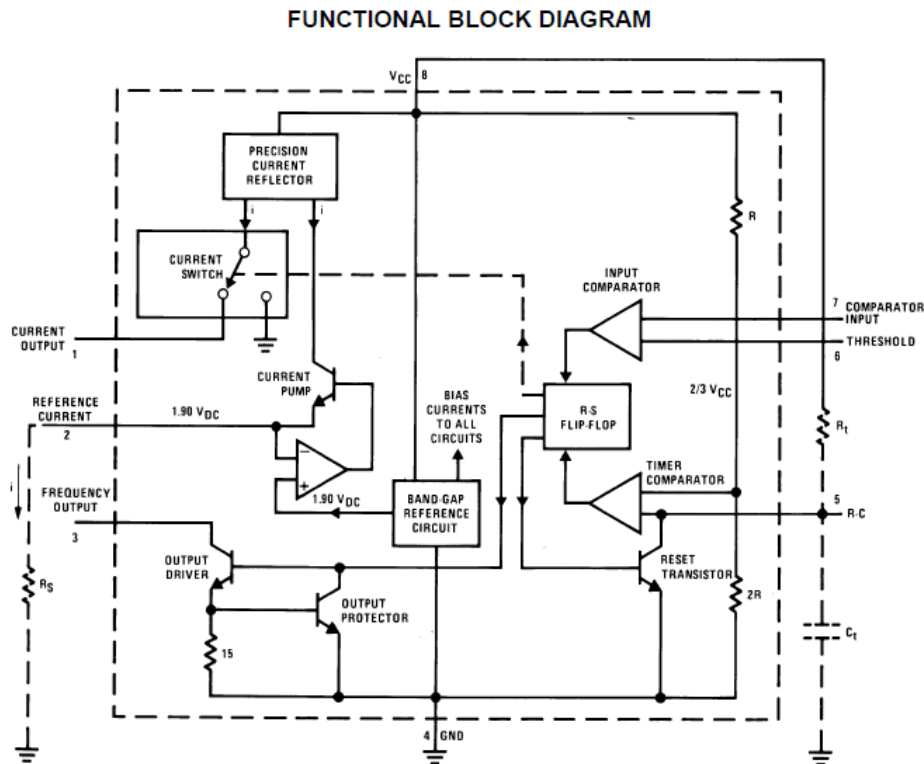


Figura 2.8. Diagrama Funcional LM331

El dispositivo consta de una referencia de tensión muy estable térmicamente y trabaja bien en un amplio rango de tensiones de alimentación que va desde [4-40V].

La tensión de referencia se alimenta a través del pin número 2. Esta a su vez pasa a la unión base emisor de un amplificador operacional realimentado negativamente. LA corriente de referencia que sale a través de dicho pin tendrá el siguiente valor:

$$I_R = \frac{1,9V}{R_S} \text{ donde } R_S \rightarrow \text{Resistencia externa}$$

La corriente I_R se copia mediante un espejo de corriente de precisión. Como se aprecia en el esquema, el circuito derivará dicha corriente con el pin 1 o a masa, dependiendo del estado del *Flip-Flop RS* mostrado.

Se trata de un *Flip-Flop* asíncrono, cuyo funcionamiento está basado en la interacción de dos amplificadores operacionales denominados *comparador de entrada* y *comparador de tiempo*. El primero de ellos compara cuando la tensión en el Pin 7 es mayor o igual que en el Pin 6 realizando un Set en el FF. El segundo, realizará un Reset cuando el valor de la tensión en el pin 5 alcance $\frac{2}{3}V_{CC}$.

El transistor denominado Transistor de Reset, se encuentra conectado a la salida negada del *Flip Flop*. Cuando dicha salida se encuentre en estado alto, se saturará y conectará el Pin 5 a masa. El comparador de tiempo conmutará de nuevo y la entrada Reset del *Flip-Flop* valdrá 0.

Si se diera el caso de que la entrada Set siga en estado alto ($V_7 > V_6$) cuando la tensión en el pin 5 alcanza los $\frac{2}{3}V_{CC}$, entonces el *Flip-Flop* no se reseteará y la salida de corriente seguirá conectada.

Finalmente, el *Flip-Flop* también gobierna la salida de frecuencia (pin 3) mediante el transistor *Driver de salida*. El transistor denominado protector de la salida, protege ante una eventual sobrecarga de corriente.

LM331 Conversor F-V

Según la hoja de características del fabricante la configuración como conversor frecuencia-tensión obedece al siguiente esquema:

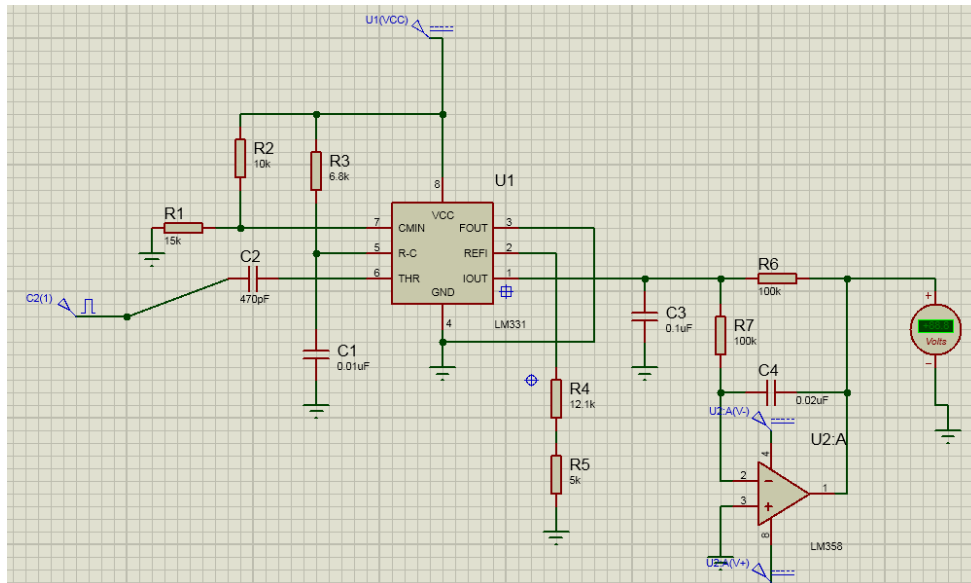


Figura 2.9. Circuito acondicionador de señal LM331

La ecuación que asocia la entrada en frecuencia con la salida en tensión del circuito acondicionador es la que se detalla a continuación:

$$V_{Out} = -f_{In} * 2,09V * \frac{R_6}{R_4 + R_5} * (R_3 C_1)$$

Por otro lado, la selección del valor de la resistencia R_x viene condicionada por la siguiente:

$$\text{Selección } R_x = \frac{V_S - 2V}{0,2 \text{ mA}}$$

2.2.3 MOTIVOS DESESTIMACIÓN

Al escoger este circuito como sensor acondicionador de señal se encontraron los siguientes impedimentos. El I236 H21A, no genera una señal cuadrada perfecta. Este hecho, genera un problema en la generación de la tensión correspondiente a través del LM331. Si no detecta pulsos cuadrados perfectos, la señal de salida sufre oscilaciones que desestabilizan la medición.

Se podría haber optado por adquirir directamente una señal digital pulsante a través de la improvisada tarjeta de adquisición de datos, pero la experiencia nos demuestra, como

explicaremos en detalle, que la adquisición de señales a altas frecuencias debido a la velocidad de procesamiento del microcontrolador no otorga una medida exacta.

2.2.4 SENSOR (Opción 2)

La segunda opción que se baraja para la obtención del anemómetro es la de emplear un motor de corriente continua reciclado trabajando como generador. Como es sabido, los motores de CC son maquinas eléctricas que son capaces de convertir energía eléctrica en energía mecánica (en caso de emplearse como motores).

Del mismo modo, forzando el movimiento del eje, se obtiene a la salida una tensión continua que se incrementa de manera lineal a medida que aumenta la velocidad angular del mismo. El comportamiento en el rango de velocidades en el que se va a trabajar es de los más lineal, con lo que esto simplifica en gran medida el acondicionador de señal.

Montaje del dispositivo Sensor

Una vez seleccionado el motor que trabajará como generador de señal en base al giro, se instalan 3 perfiles cóncavos desfasados entre sí 120° . Estos perfiles serán los encargados de convertir el movimiento longitudinal del viento que incide en movimiento rotacional.

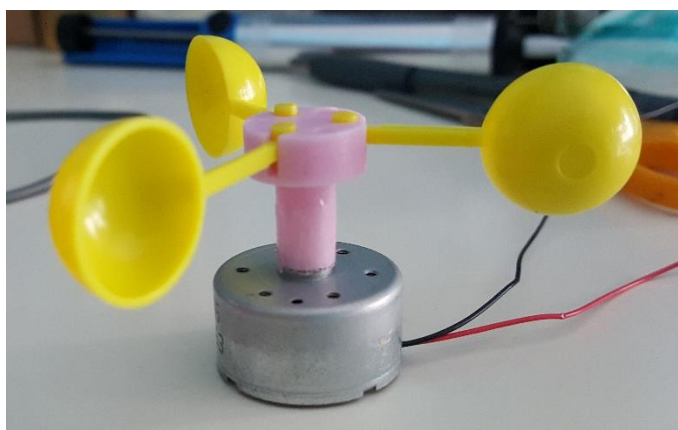


Figura 2.10. Montaje Anemómetro-Motor DC

El eje al que están conectados los perfiles cóncavos, gira solidariamente con el eje del motor DC. Esto permitirá que a la salida se dé una tensión continua variable en función de la velocidad de giro del conjunto.

Para la obtención del valor del giro en función de la velocidad, se montó el dispositivo y se forzó a captar diferentes velocidades de viento de manera empírica. Básicamente, se conectó a un polímetro y se analizó el comportamiento de la generación a distintas velocidades. Para saber a qué velocidad se movía el viento, se empleó en un vehículo el regulador de velocidad y a su vez se mostró la velocidad vía Dashboard digital del coche y vía GPS. La señal GPS tenía cierto retardo lo que forzaba a mantener la velocidad durante un tiempo mayor y así ayudar a estabilizar el giro del dispositivo.

Los datos obtenidos en el muestreo aparecen en la siguiente tabla-gráfico.

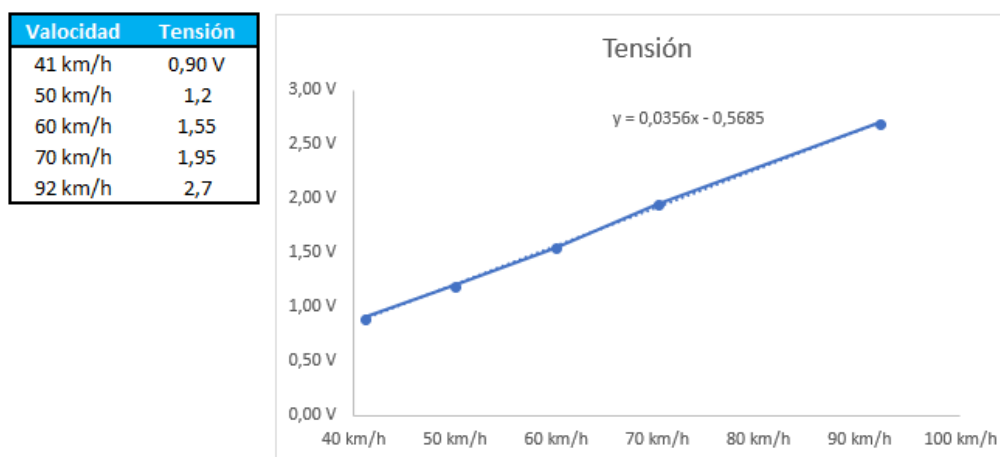


Figura 2.11. Medición de la tensión en función de la velocidad

Como se puede observar en la gráfica, el comportamiento de la muestra es de lo más lineal, la señal que otorga el motor en base al giro dibuja una tensión creciente proporcional. La ecuación que define la recta descrita obedece a la siguiente expresión:

$$V_o = Vel * 0,035 V$$

Donde:

V_o → Tensión a la salida del motor

Vel → Velocidad del viento que incide en los perfiles cóncavos

Extrapolando a toda la medición posible que puede realizar el dispositivo obtenemos la siguiente gráfica.

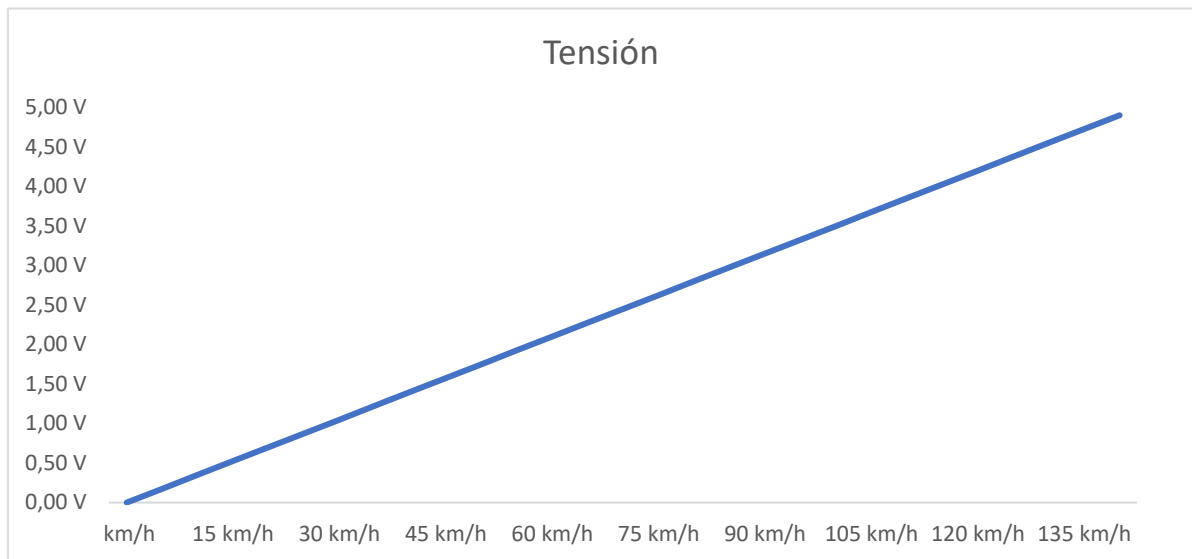


Figura 2.12. Tensión de salida en función de la velocidad del viento

En valores cercanos a 100 km/h y debido a la fragilidad del dispositivo, se ubicará el límite físico aproximadamente. No será de gran interés mediciones superiores a dicho rango ya que el fin del anemómetro presente es la generación de un aviso que recoja el toldo del jardín una vez traspasados los 50 km/h de viento para que este no se dañe. Por ello, no es de gran interés generar un dispositivo cuyo fondo de escala de medición sea mucho más extenso.

2.2.5 ACONDICIONADOR DE SEÑAL

Como ya se ha visto anteriormente, la señal que otorga el motor CC empleado es bastante lineal. Por otra parte, el rango de tensiones que otorga para las velocidades que se van a medir, van en línea con el rango de adquisición que se va a realizar con la DAQ.

Por lo tanto, el acondicionador de señal seleccionado para este sensor es un LM358 como seguidor de tensión.

El seguidor de tensión es un circuito acondicionador que proporciona a la salida la misma tensión que a la entrada, independientemente de la carga que se le acople, que por lo tanto como decir, independientemente de la intensidad que se demande.

Este montaje resulta especialmente indicado para señales que, aunque sean de un buen nivel de tensión sean de muy baja potencia y por tanto se atenuarían en el caso de conectarlas a amplificadores de mediana o baja impedancia de entrada.

Del mismo modo, la señal de salida queda acotada a los rangos de alimentación del amplificador operacional, evitando así sobrepasar los rangos de entrada de adquisición del microcontrolador. En este caso la tensión de entrada máxima admitida será de 5V.

El esquema del circuito es el que aparece a continuación.

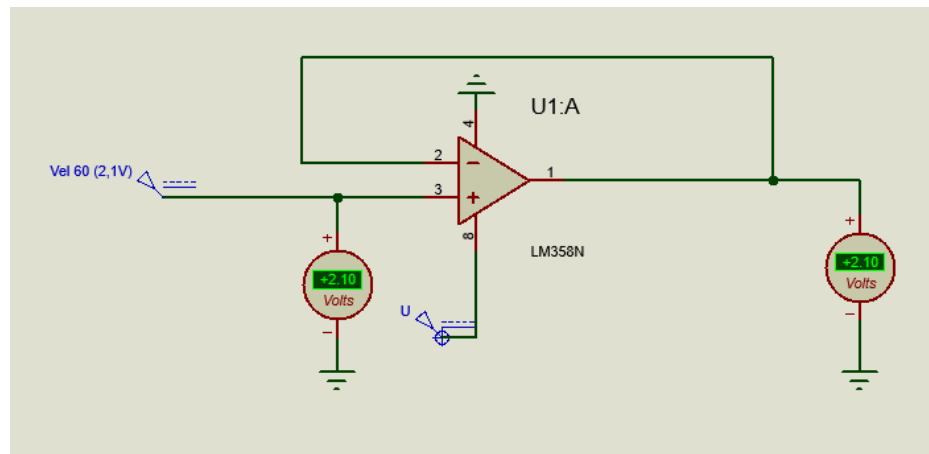


Figura 2.13. Circuito seguidor de tensión LM358

Como se puede observar en el circuito de la figura, (aplicando el concepto de cortocircuito virtual) tenemos que $I_1 = 0$ (intensidad de corriente que entra a través del terminal no inversor del circuito amplificador Im358) y la tensión en el terminal no inversor es igual que la tensión en el terminal inversor, con lo que se puede afirmar que ($V_i = V_o$).

También se puede decir que $I_2 = 0$ (corriente de la entrada inversora del circuito amplificador operacional), con lo cual la carga demandará la corriente por I_3 únicamente (intensidad de corriente a través de la salida del amplificador operacional), permaneciendo aisladas la entrada y la salida del amplificador operacional.

En el circuito se ha fijado una tensión de 2,1 Voltios que es la que otorga el motor con un viento de $60 \frac{km}{h}$. A la salida se obtendrá la tensión de entrada tal y como se ve en la simulación.

El punto simulado será el punto seleccionado para replegar el toldo correspondiente. En el proyecto no se aborda de manera directa, pero la idea a futuro sería la implementación de un lazo cerrado con actuadores sobre los motores del toldo.

2.3 SENSOR DE LUMINOSIDAD

El objetivo es diseñar un dispositivo sensor de la luminosidad ambiental. Existen diferentes modos de medición de niveles de iluminación, en el proyecto se usará como sensor una fotorresistencia, cuyo principio de funcionamiento se basa en la variación de la resistencia en función del cambio de luminosidad ambiental. Son sensores que se caracterizan por tener un bajo coste y su funcionamiento es relativamente sencillo.

2.3.1 SENSOR

El sensor empleado en cuestión es una LDR. Las principales ventajas por las que se decidió usar este sensor son:

- ✓ Señal fácil de acondicionar, siendo muy lineal el comportamiento del sensor en todo el rango de luminosidad.
- ✓ Sensor de bajo costo y disponibilidad en el mercado.
- ✓ La variación del valor de la resistencia tiene cierto retardo, aunque admisible para la aplicación que se está implementando. Este impedimento limita la utilización de las LDR en aplicaciones en las que la señal luminosa varía con rapidez o se desea medir dicha variación. El tiempo de respuesta típico de un LDR está en el orden de una 100ms.
- ✓ Las fotorresistencias tienen un efecto de memoria a la luz; es decir, su resistencia específica depende de la intensidad y duración de una exposición y al tiempo transcurrido desde una posición anterior.

Las características técnicas de la resistencia LDR empleada aparecen en la siguiente tabla de características:

Características	Descripción
Tipo Sensor	Resistivo Variable con liminosidad
Resistencia Oscuridad Total	0,3M Ω
Resistencia Luz Brillante Directa	75 Ω
Disipación potencia	[50mW-1W]
Alimentación máxima	600V
Tiempo Recuperación	100mS

Tabla 2.2. Características LDR Sensor de luminosidad

Los valores son válidos para el diseño que se desea implementar. El comportamiento del sensor es muy estable en las variaciones de la luminosidad ambiental, teniendo en cuenta el tiempo de retardo citado anteriormente.

2.3.2 ACONDICIONADOR DE SEÑAL

El sensor de iluminación (fotorresistencia), varía en un rango de 75 Ω (Luz brillante incidente) a 0,3M Ω (Oscuridad total). En la estación de medición, los rangos permitidos de tensión de adquisición van desde los 0 – 5V. Si se desean acotar los valores de tensión de adquisición a esos valores se realizará el siguiente acondicionamiento de la señal del sensor.

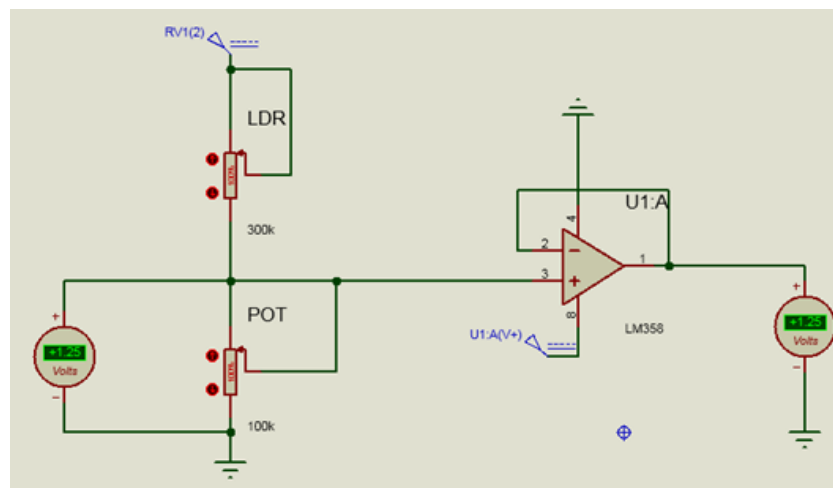


Figura 2.14. Circuito Acondicionador Sensor Luminosidad

La idea es sencilla, se realiza un divisor de tensión empleando una resistencia fija R_1 . El valor teórico de dicha resistencia teniendo en cuenta los rangos de la LDR será de:

$$V_{Out(Max)} = \frac{R_1}{LDR + R_1} * V_s$$

Como la tensión máxima de salida será cuando la luminosidad ambiental sea la máxima, el valor de la resistencia de la LDR valdrá 75Ω . Sustituyendo:

$$V_{Out(Max)} = \frac{100 k\Omega}{75 \Omega + 100k\Omega} * 5$$

La tensión de alimentación de la estación será de 5V con lo que, sustituyendo el valor, se obtiene el valor de la tensión de salida máxima del circuito:

$$V_{Out(Max)} = \frac{100 k\Omega}{75 \Omega + 100k\Omega} * 5$$

El comportamiento de la LDR es bastante lineal con lo que desde la penumbra hasta la claridad absoluta el comportamiento será bastante lineal. En este caso se detectará un punto desde el cual el circuito detectará que está oscuro. Para ello se medirá empíricamente el punto desde el cual se suponga que está lo suficientemente oscuro como para encender las luces correspondientes.

Gráficamente el valor de la tensión de salida en función de la luminosidad en tanto por ciento es el siguiente.

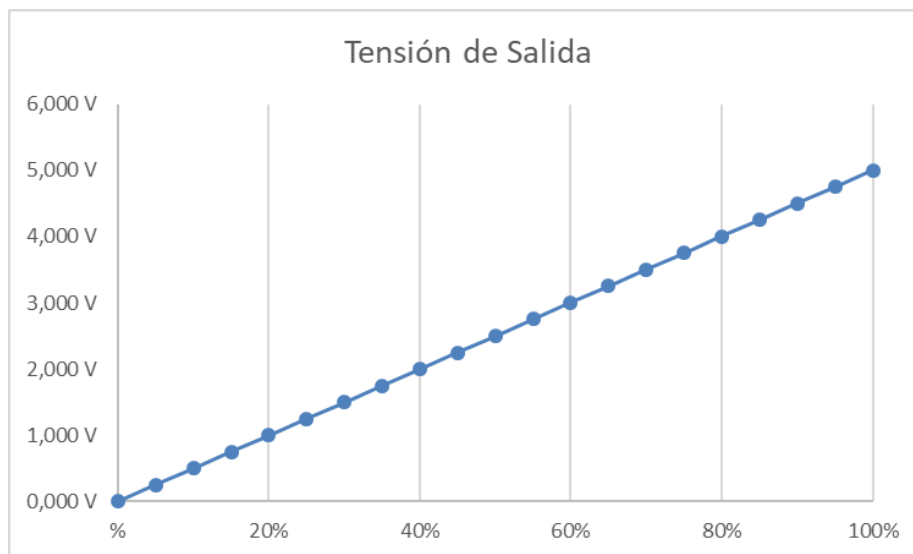


Figura 2.15. Tensión de salida en función de la luminosidad

Como se puede observar en la gráfica superior, la escala de luminosidad pasa de 0 a 100%. En el caso del proyecto, el peso está determinando el nivel de oscuridad. Cuando la luminosidad incidente en el sensor es máxima, la tensión de salida tenderá a cero y cuando la oscuridad sea total el valor de la tensión de salida será de aproximadamente 4 V (así se ha acotado en el diseño).

Para acotar el punto en el cual se encenderían las luces, se mide empíricamente la luminosidad que nos interesa. Dependiendo de la ubicación del dispositivo en el exterior de la residencia, habrá que tener en cuenta la incidencia del sol, sombras etc. Posteriormente en el análisis de los resultados se detalla en profundidad la elección tomada en este aspecto.

2.4 MÓDULO SENSOR DE TEMPERATURA REMOTO

El sensor de temperatura remoto, emplea como base al igual que el cableado un LM35. La peculiaridad en este caso reside en que la ubicación del sensor no estará en la proximidad de la tarjeta de adquisición de datos. El módulo sensor se conectará por vía inalámbrica desde el punto final hasta el coordinador, este último punto será el que esté conectado a la tarjeta de adquisición de datos.

En este caso, la alimentación del dispositivo no se hará empleando la placa del microcontrolador, sino que se genera una fuente de alimentación independiente para el mismo. Las partes de las que consta el módulo se detalla a continuación.

2.4.1 SENSOR

El sensor seleccionado para realizar la medición de la temperatura ambiental es el denominado LM 35 de National Semiconductor.

El LM35 es un sensor de temperatura integrado de precisión, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a la temperatura en °C (grados centígrados). El LM35 no requiere ninguna calibración externa o ajuste para proporcionar una precisión típica de ± 1.4 °C a temperatura ambiente y ± 3.4 °C a lo largo de su rango de temperatura (de -55 a 150 °C). El dispositivo se ajusta y calibra durante el proceso de producción.

El valor característico de su salida es muy lineal en los rangos de temperatura ambiente con lo que el acondicionamiento de su señal de salida resultará de lo más sencillo. Como es

En este caso, la ganancia que se desea obtener es un poco inferior a los casos anteriores. Esta determinación se toma debidos a que el rango de temperaturas del exterior de la vivienda es más amplio.

Por otra parte, la entrada al módulo XBee para la comunicación no debe sobrepasar el rango de los 3,3V con lo que se hace necesario que la salida del acondicionador de señal no exceda nunca de ese valor en las condiciones climatológicas a las que se va a exponer.

Del mismo modo, como se arrancará la caldera cuando se aproxime a temperaturas negativas, no se tienen en cuenta las temperaturas inferiores a 0°C.

La sensibilidad aproximada que se desea obtener en esta configuración es de $25 \frac{mV}{^{\circ}C}$ aproximadamente por lo que se deberá obtener una ganancia en el circuito de:

$$\Delta V = 2,5$$

Ya que como se ha citado anteriormente sensibilidad del sensor LM35 es de $10 \frac{mV}{^{\circ}C}$. El esquema se expone a continuación y su ganancia se fija por medio de los valores de las resistencias R1 y R, de $6,6k\Omega$ y $10k\Omega$ respectivamente.

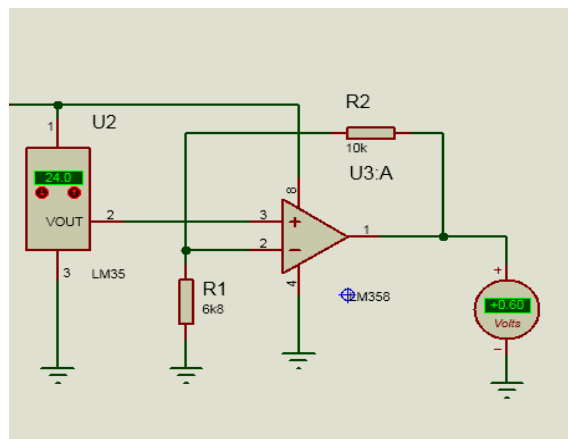


Figura 2.18. Circuito acondicionador de señal LM35

Con la configuración mostrada en el esquema el valor de la salida obedece a la siguiente expresión.

Valor de la ganancia del circuito amplificador no inversor:

$$\Delta V = \frac{R + R_1}{R_1} = \frac{10 \text{ k}\Omega + 6,6 \text{ k}\Omega}{6,6 \text{ k}\Omega} \cong 2,51$$

Sabiendo el valor aproximado de la ganancia, se obtiene el valor de la salida en función de la temperatura y obedece a la siguiente función. (se analizará empíricamente el valor final una vez montados los componentes ya que existen rangos de tolerancias en los componentes resistivos que alteran el valor final real).

$$V_o = \Delta V * 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} = 2,51 * 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} = 25,1 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}}$$

Una vez adquiridos los componentes, debido a las tolerancias correspondientes, el valor de la ganancia definitiva del circuito queda de la siguiente manera:

$$\Delta V = \frac{R + R_1}{R_1} = \frac{9,97 \text{ k}\Omega + 6,77 \text{ k}\Omega}{6,77 \text{ k}\Omega} \cong 2,47$$

$$V_o = \Delta V * 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} = 2,47 * 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} = 24,7 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}}$$

Gracias a la aplicación de la correspondiente ganancia se consigue obtener una variación de la tensión en base a la temperatura perceptible. El valor de la tensión de salida a temperatura ambiente (25°C) será igual a:

$$V_{o(25)} = \frac{R + R_1}{R_1} \cdot 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} * 25 = 2,47 * 10 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} * 25 = 618 \text{ mV} = 0,618 \text{ V}$$

Tª Ambiente = 25°C → Salida = aprox 0,618V

La gráfica correspondiente a la tensión de salida en base a la temperatura tendrá el siguiente aspecto para los rangos entre (0 – 50°C)

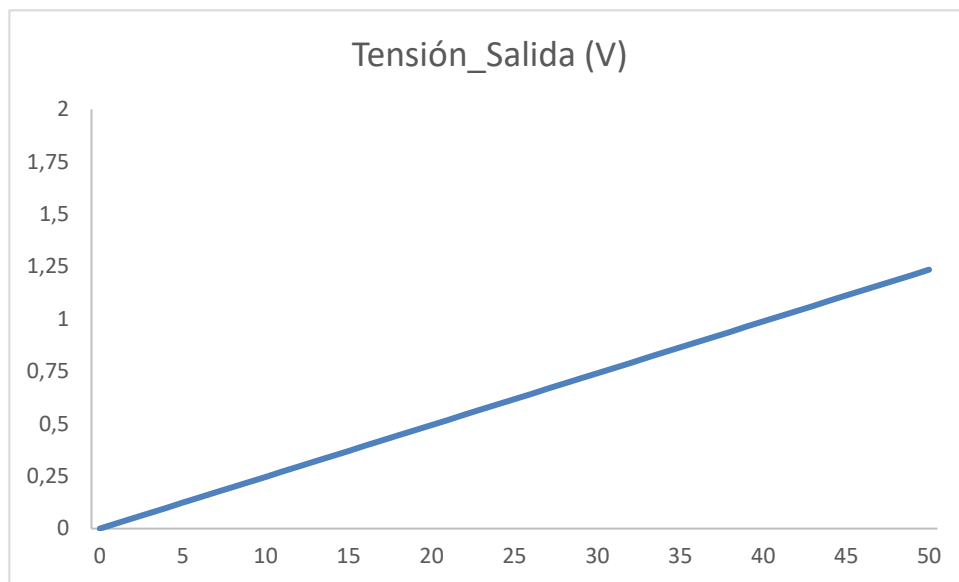


Figura 2.19. Comportamiento de la señal en función de la temperatura

Como se puede observar y al igual que en los diseños para los circuitos cableados directamente a la DAQ, el comportamiento del circuito es muy lineal en todo el rango de temperaturas. La pendiente es menos pronunciada por la menor ganancia del circuito acondicionador de señal.

2.4.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Como se ha descrito con anterioridad, se hace necesario generar una fuente de alimentación para el módulo sensor de temperatura. Para ello y teniendo en cuenta las necesidades del circuito se ha optado por emplear un regulador de tensión de 5V "L7805ACV", el encapsulado aparece en la siguiente figura.

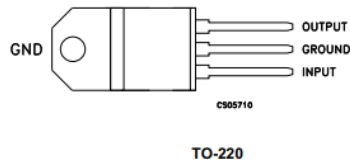


Figura 2.20.Regulador de tensión L7805ACV

El circuito regulador de tensión se hace de una manera muy sencilla. Como fuente de tensión se emplea una pila de 9V de corriente continua. Esta se conecta a la patilla de entrada del regulador de tensión. En la figura adjunta se observa el conexionado del circuito empleando el 7805.

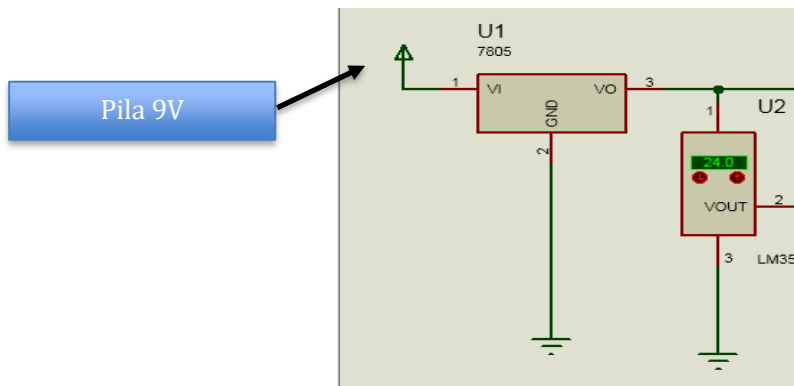


Figura 2.21. Circuito L7805ACV

En la práctica se ha añadido un condensador cerámico monocapa de 0,1µF a la salida del circuito (conectado entre las patillas 2 y 3 del L7805ACV detalle en la figura 2.22.). Esto es debido a que incluyéndolo se mejora la estabilidad de la señal de salida del circuito. En determinados diseños en los cuales la fuente de tensión se encuentra a gran distancia del regulador, se deberá incluir también un condensador en la entrada.

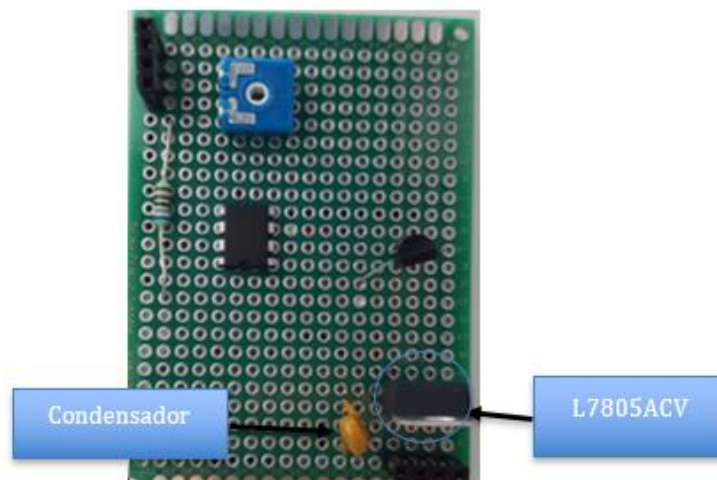


Figura 2.22. Placa Sensor Remoto

3 DAQ

Para la generación de la tarjeta de adquisición de datos, como se ha comentado en la memoria se va a emplear una tarjeta Arduino Uno como la de la figura adjunta 3.1.

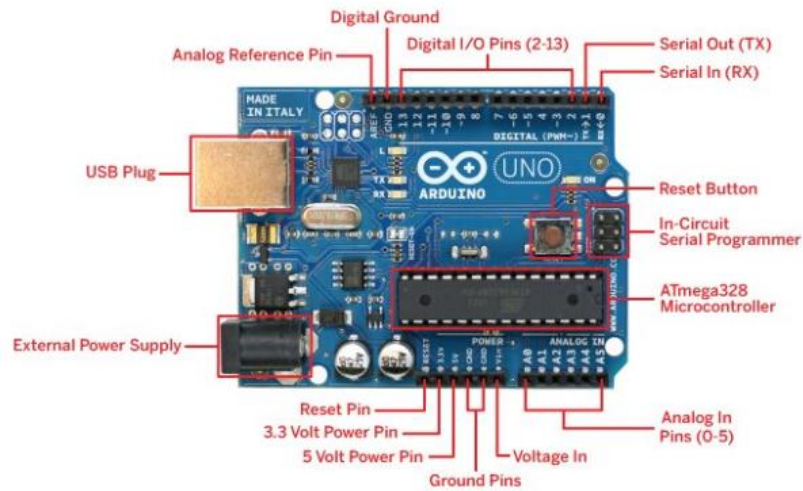


Figura 3.1. Hardware Arduino Uno

A continuación, se detallarán las conexiones empleadas en el montaje final del proyecto, así como sus limitaciones.

3.1 TENSIÓN ALIMENTACION

3.1.1 CONEXIÓN A TRAVÉS DE FUENTE EXTERNA VÍA ENTRADA 2,1MM

La placa internamente posee un regulador de tensión a 5V (tensión de trabajo del sistema), que permite a la placa ser alimentada con tensiones de hasta 20V de continua a través de la conexión de 2,1mm de tipo coaxial "External Power Supply".



Figura 3.2. Alimentación vía Coaxial 2,1mm

Esta opción resulta interesante si se necesita cierta autonomía en el sistema. Además empleando un sistema de carga empleando cargas solares, el mantenimiento de la batería dejaría de ser un problema.

3.1.2 ALIMENTACIÓN VÍA PUERTO SERIE

Para la ejecución del diseño del proyecto se hace necesario que la placa Arduino Uno este conectada al PC vía puerto USB "Universal Serial Bus". La conexión tipo que emplea la placa es la que aparece en la figura 3.2.

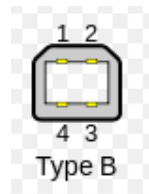


Figura 3.2. Conexión USB Arduino Uno

Donde:

Pin 1 → *Vcc + (5V)*

Pin 2 → *Data -*

Pin 3 → *Data +*

Pin 4 → *GND*

Por lo tanto, la alimentación de la placa la obtiene a través del puerto USB que a su vez se emplea para el envío de los datos.

3.2 ENTRADAS ANALÓGICAS

La placa dispone de 6 entradas analógicas [$A_0 - A_5$] de las cuales se emplearán 5. Las tensiones e intensidades de corriente limitantes para estas entradas se detallan en la tabla 3.1.

Concepto	Rango / Tipo
Tensión de Funcionamiento	5V
Pines Analógicos I	6
Intensidad de Corriente I/O	40 mA
Intensidad de Corriente Alim 3,3V	50 mA

Tabla. 3.1. Características Entradas Analógicas Arduino Uno

Los rangos descritos se deben cumplir en todo momento para no dañar el dispositivo. Los transductores diseñados incluyen en todo caso una amplificación de señal vía amplificador operacional.

Los valores que otorgan las salidas amplificadas en ningún caso superan los 5V, ya que la tensión de alimentación de los mismos es de 5V.

Por otro lado, la corriente de salida típica del circuito LM358 a temperatura ambiente es de 20 mA con lo que se dispone de margen suficiente para no dañarlo.

Entrada	Sensor	Rango_Entrada_Amplificado [V]	Corriente Típica 25 °C
0	Temperatura 1	[0 - 1,75]	
1	Temperatura 2	[0 - 1,75]	
2	Anemómetro	[0 - 3,5]	20 mA
3	Luminosidad	[0 - 4]	
4	Temperatura 3	[0 - 1,482]	

Tabla 3.2. Características Salida Transductores

Para el caso del sensor número 4, la tensión de entrada esta acotada a un límite inferior ya que viaja a través de XBee. En este caso el rango de entrada queda limitado a 3,3V y la intensidad a 40mA.

3.3 PINES ALIMENTACIÓN

Para alimentar la placa de los transductores cableados se emplean los pines de alimentación de la placa Arduino. Esta alimentación se emplea en los 4 primeros sensores, ya que tal y como se ha descrito anteriormente, para el sensor de temperatura 3 se ha diseñado una fuente de alimentación independiente.

4 MONTAJE FINAL PLACA COMPLETA

Una vez diseñados todos los sensores y establecidas las correspondientes conexiones se procede al montaje de la placa completa. En la figura adjunta 4.1, aparece el montaje final de todos los componentes.

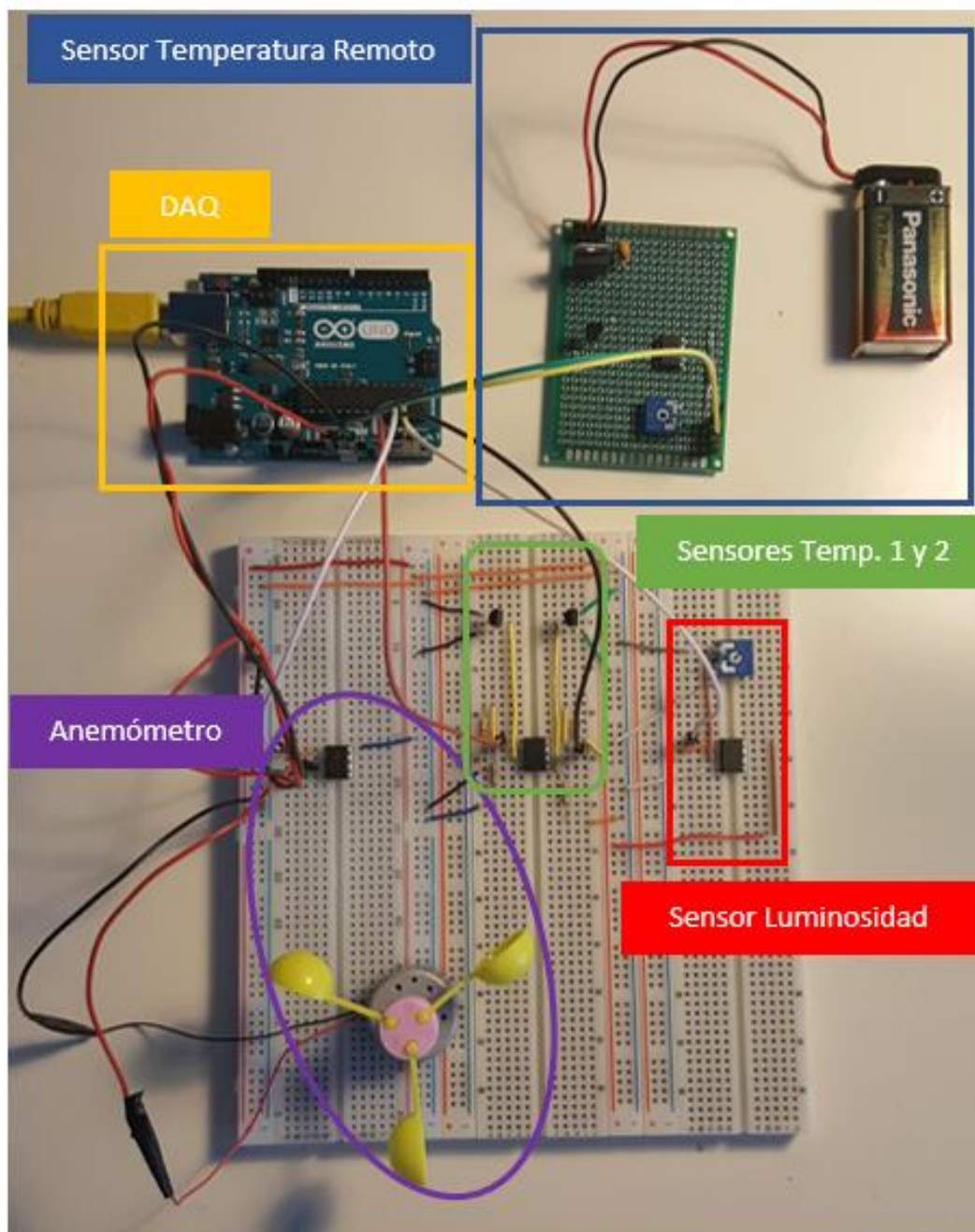


Figura 4.1. Montaje Completo

Como se observa en la figura, aparecen los sensores con sus acondicionadores correspondientes cableados a las entradas analógicas de la DAQ. En el momento de sacar la imagen no se disponía del modulo XBee por lo que se optó por cablearlo directamente a su

entrada correspondiente A4. En la figura 4.2, se observa el detalle de los conexionados al Arduino Uno.

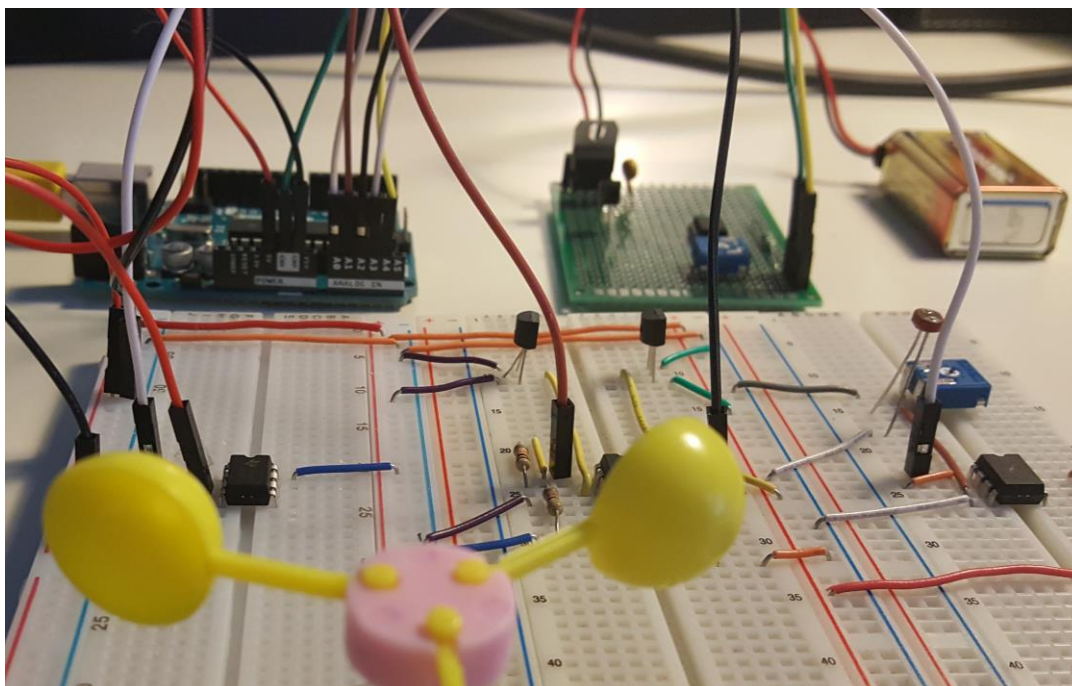


Figura 4.2. Montaje Completo_2

5 RESULTADOS OBTENIDOS

Tras finalizar el montaje completo y comprobar el funcionamiento se observa que las mediciones que otorga el sistema tienen buena resolución y son fiables. Esto permitiría implementarlos en un diseño final con los actuadores necesarios en una red domótica.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación para una situación forzada. Se han tomado datos del ambiente forzando el movimiento del anemómetro y los sensores de temperatura y luminosidad para ver su comportamiento.

Para mostrar los resultados de manera gráfica, se emplea la pantalla de explotación generada a modo de osciloscopio. El funcionamiento de la misma se desarrolla en profundidad en el apartado de cálculos Software.

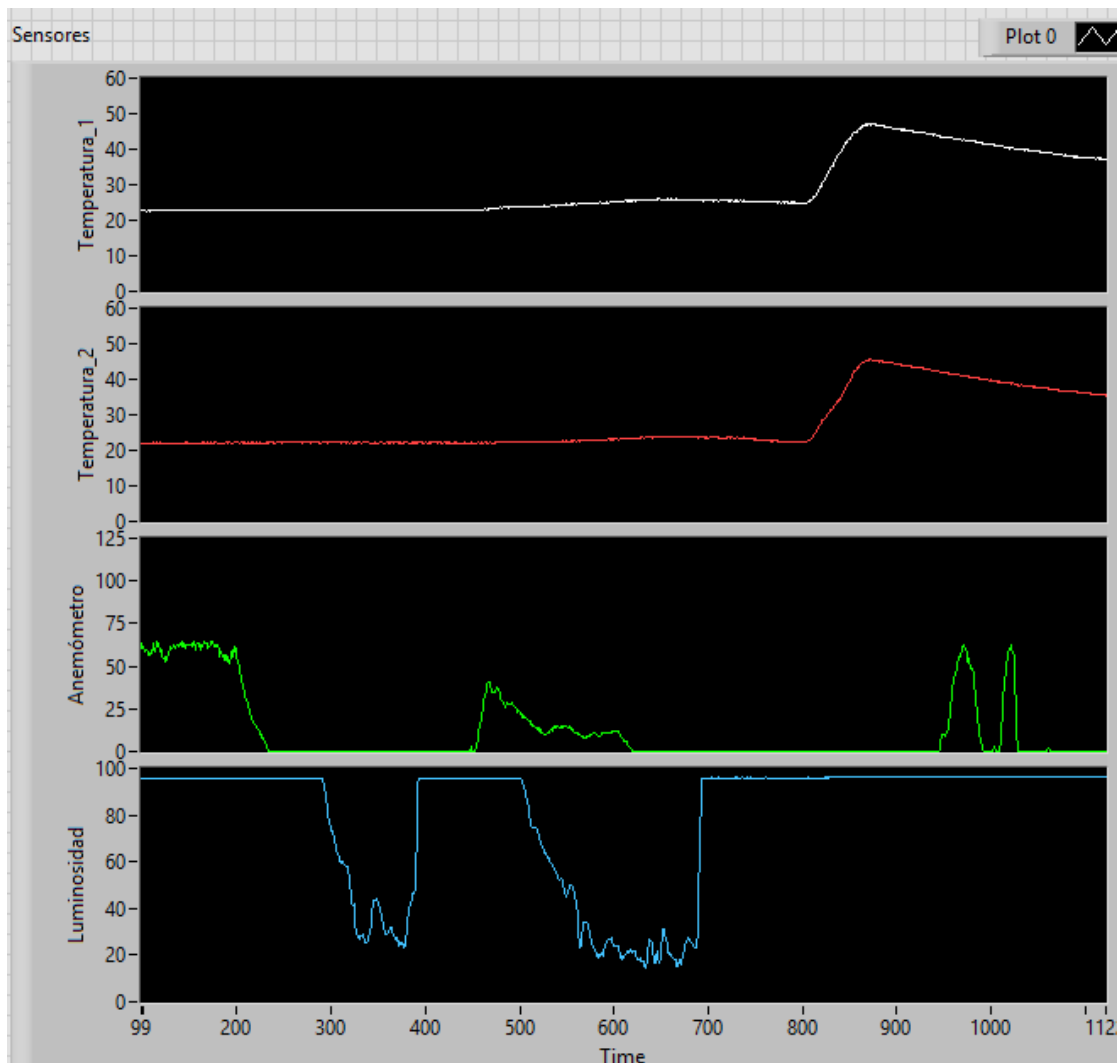


Figura 5.1. Resultados obtenidos

Para modificar la temperatura se puso la mano encima en un principio y posteriormente se calentó con un secador. Como se puede observar el comportamiento del LM35 es muy lineal.

En el caso del anemómetro, se forzó su movimiento empleando un secador.

El sensor de luminosidad, también posee un comportamiento muy estable como se observa en la medición. En el momento que se pasaba la mano por delante tapándolo caía el nivel de luminosidad.

6 CONCLUSIONES

El prototipo diseñado para la red de sensores de la estación domótica otorga resultados fiables para el entorno en el que se va a emplear. Tanto la resolución como la velocidad de respuesta son buenas para las variables muestreadas y no se observan valores anómalos forzando los sensores.

El diseño en placa Protoboard otorga la sensación de que ocupa un volumen considerable pero ese hándicap se podría solventar a futuro implementando placas con componentes de tipo smd.

Del mismo modo para la alimentación del circuito a futuro se contempla la introducción de una placa solar para la carga de baterías.

7 BIBLIOGRAFÍA

Las referencias bibliográficas empleadas en el apartado de cálculos hardware son las que aparecen a continuación:

- *Malvino. A., Bates. D.J. (2007). Principios de electrónica analógica. Madrid. McGraw-Hill / Interamericana.*
- *Floyd. Thomas.L. (2002). Fundamentos de Sistemas Digitales. Madrid. Prentice Hall.*
- *Barambones. O. (2004). Sistemas Digitales de Control. Zarautz. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.*
- *Pallás. R. (1993). Sensores y acondicionadores de señal. Marcombo.*
- *García Perez. M.A. (2014). Instrumentación Electrónica. S.A. Ediciones Paraninfo.*

Las páginas web de consulta empleadas son las que se describen a continuación:

[1] <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/>

[2] <https://es.rs-online.com/web/>

[3] <http://www.atmel.com/>

[4] <https://tallerelectronica.com>