

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y CIRCUITOS

LABORATORIO C

EC3882

PROFESOR: CALOGERO BRUSCIANELLI

INFORME TÉCNICO: ESTACIÓN METEOROLÓGICA

LABORATORIO DE PROYECTOS 2

DANILO DÍAZ TARASCÓ - USBID: 10-10211.

IRENE MICHELLE LÓPEZ CARRÓN - USBID: 10-10391.

# ÍNDICE

## TABLA DE CONTENIDOS

Central meteorológica para monitoreo de plantas por Medio de La Nube .....	1
Implementación .....	2
Sensor de temperatura y humedad del aire DHT11 .....	2
Medición de la intensidad de la luz: .....	4
Medición de la temperatura en el suelo: .....	5
Medición de la humedad del suelo: .....	7
Medición de la velocidad del viento: .....	10
Tarjeta principal: .....	19
Microcontrolador: .....	20
Protocolo de Comunicaciones: .....	26
Processing: .....	27
Recomendaciones .....	31
Referencias .....	32

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de bloques de la central. ....	1
Figura 2 Implementación circuital del sensor DHT11 .....	2
Figura 3 Sensor DHT11 en su baquelita .....	2
Figura 4 ATMEGA328PU como Driver del DHT11 .....	3
Figura 5 Divisor de la fotoresistencia .....	4
Figura 6 Sensor de Luminosidad .....	4
Figura 7 Termistor linear activo de baja potencia MCP9700A .....	5
Figura 8 Circuito para el sensor de temperatura del suelo .....	5
Figura 9 Sensor de temperatura del suelo, antes y después de cubrirlo .....	6
Figura 10 Voltaje de Salida vs. Temperatura para una alimentación entre 1.5V y 5.5V .....	6
Figura 11 Circuito para medición de humedad en el suelo .....	7
Figura 12 Terminales metálicos .....	7
Figura 13 Gráfica de Temperatura Vs. Resistencia del Suelo .....	8
Figura 14 Medición de la humedad del suelo, con corrección de temperatura .....	9
Figura 15 Anemómetro ultrasónico. ....	10
Figura 16 Circuito para el emisor del anemómetro ultrasónico .....	11

# ÍNDICE

Figura 17 Diagrama de bloques del circuito receptor para el anemómetro ultrasónico .....	12
Figura 18 Circuito para la tierra virtual del receptor .....	13
Figura 19 Circuito para la etapa inicial de ganancia en el receptor .....	13
Figura 20 Circuito para el filtro pasa alto en el receptor .....	13
Figura 21 Respuesta en frecuencia del filtro pasa alto, conectado a la etapa inicial de ganancia .....	14
Figura 22 Señal Recibida y la Salida del Comparador (Medida del Error).....	15
Figura 23 Circuito para el comparador en el receptor.....	15
Figura 24 Circuito para el divisor de voltaje en el receptor.....	16
Figura 25 Circuito receptor del anemómetro ultrasónico para soldar en baquelita perforada .....	16
Figura 26 Circuitos para los dos pares emisor-receptor del anemómetro .....	17
Figura 27 Diagrama de flujo para el procesamiento de datos del anemómetro.....	18
Figura 28 Tarjeta principal para la estación meteorológica.....	19
Figura 29 Diagrama de flujo Microcontrolador, Main .....	20
Figura 30 Diagrama de Flujo Interrupción Serial SCI1 .....	21
Figura 31 Diagrama de Flujo de SCI2 (Proveniente del Sensor de Temperatura y Humedad) .....	22
Figura 32 Diagrama de Flujo de la Medición de Tiempo 1.....	23
Figura 33 Diagrama de Flujo de la Medición de Tiempo 2.....	24
Figura 34 Diagrama de Flujo de la interrupción de ADC .....	25
Figura 35 Diagrama de flujo del programa en Processing .....	27
Figura 36 Interfaz gráfica del programa hecho con Processing.....	28
Figura 37 Canal en ThingSpeak que almacena y muestra gráficamente las mediciones de la estación .....	29
Figura 38 Publicación en Twitter de las mediciones de la estación meteorológica .....	30
Figura 39 Estación Meteorológica.....	31

# TABLAS

Tabla 1 Rangos de voltaje correspondientes a las tres categorías de humedad.....	9
Tabla 2 Mediciones Realizadas por el Microcontrolador.....	22
Tabla 3 Trama de bytes del protocolo Serial. ....	26

## CENTRAL METEOROLÓGICA PARA MONITOREO DE PLANTAS POR MEDIO DE LA NUBE

Como proyecto para el curso Laboratorio de Proyectos II se construyó una estación meteorológica con conexión a la nube, con el objetivo de monitorear las condiciones de una planta y comunicárselas al usuario. Para esto se utilizaron diversos tipos de sensores, cuyos datos se enviaron a un canal en ThingSpeak, a una cuenta de Twitter y se mostraron en una interfaz gráfica desde la cual el usuario podía controlar, entre otras cosas, el tiempo de las mediciones.

A continuación se presenta un diagrama de bloques que resume la estructura básica de la central meteorológica para monitoreo de plantas:

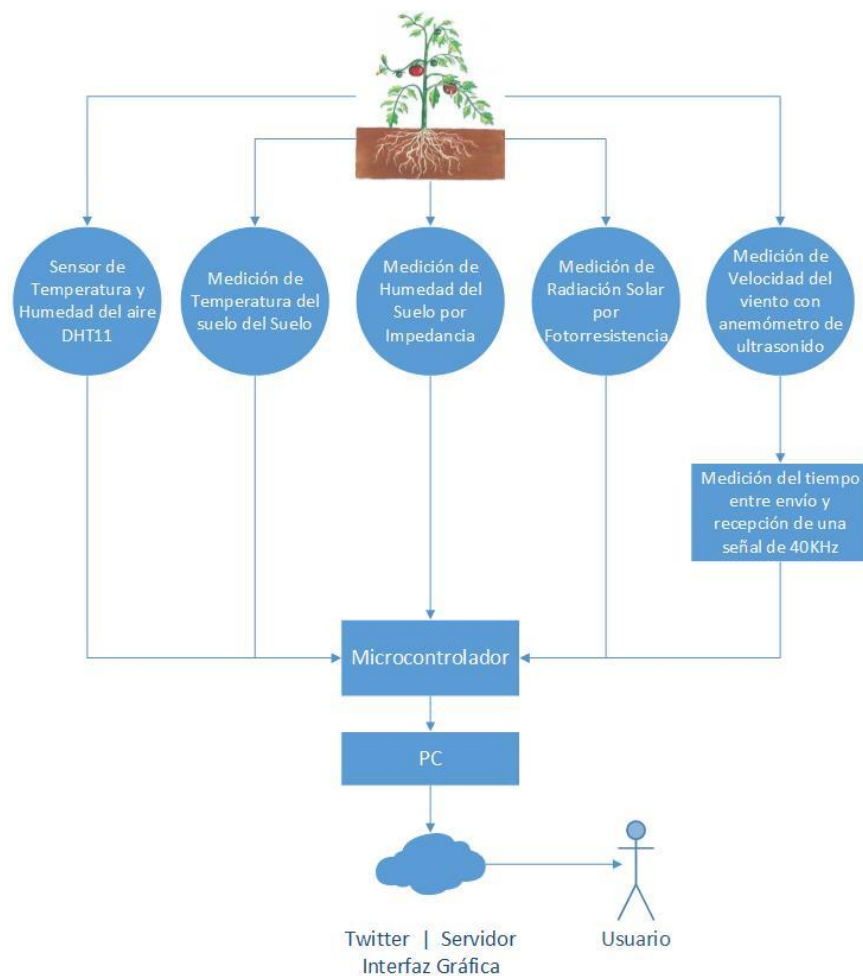


Figura 1 Diagrama de bloques de la central.

## IMPLEMENTACIÓN

### Sensor de temperatura y humedad del aire DHT11

Este sensor se caracteriza por tener la señal digital calibrada por lo que asegura una alta calidad y una fiabilidad a lo largo del tiempo, ya que contiene un microcontrolador de 8 bits integrado. Está constituido por dos sensores resistivos. Puede medir la humedad entre el rango 20% – aprox. 95% y la temperatura entre el rango 0°C – 50°C.

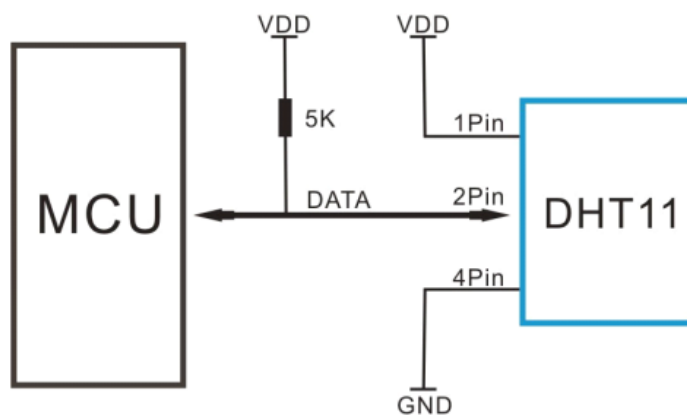


Figura 2 Implementación circuital del sensor DHT11

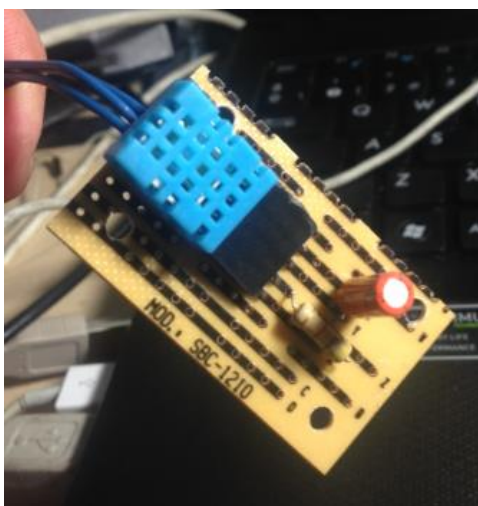
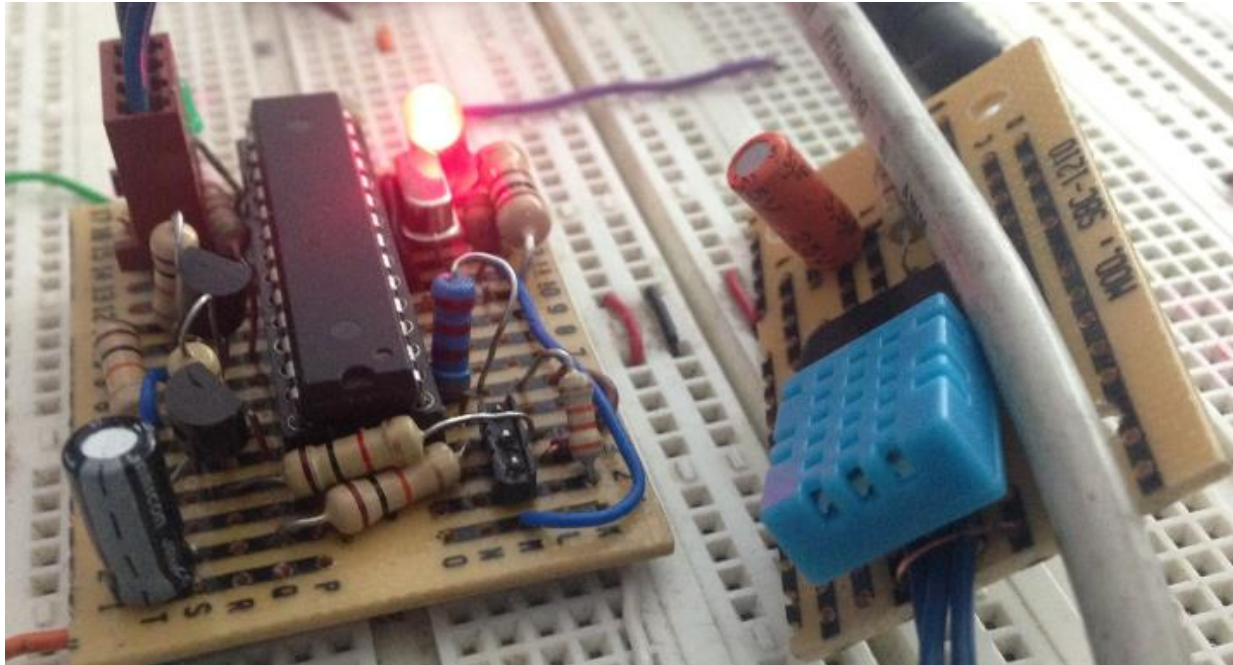


Figura 3 Sensor DHT11 en su baquelita

Dada la dificultad de implementación del protocolo de comunicaciones en el HCS08, se optó por hacer un driver mediante el uso del microcontrolador ATMEGA328PU, y conversores de niveles lógicos, ya que se tenía la facilidad de usar una librería disponible de manera gratuita en la web.



**Figura 4 ATMEGA328PU como Driver del DHT11**

La comunicación entre microcontroladores se realizó mediante el uso de puerto serial, utilizando el protocolo de comunicaciones explicado de manera detallada más adelante.

### Medición de la intensidad de la luz:

En cuanto a la medición de intensidad de luz, se realizó el montaje de un sensor resistivo mediante la técnica de divisor de tensión. Los cambios de voltaje fueron registrados por el ADC del microcontrolador. En la siguiente figura, se puede observar el circuito implementado.

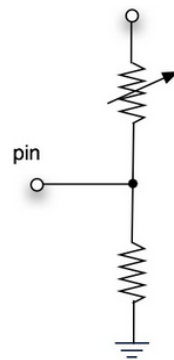


Figura 5 Divisor de la fotoresistencia

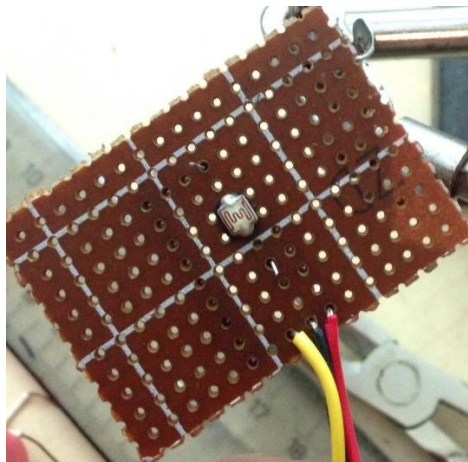


Figura 6 Sensor de Luminosidad

Para la calibración, se realizó el cálculo de la resistencia del divisor tomando en cuenta los valores máximos y mínimos que presentaba la fotoresistencia y el número de bits de resolución del ADC (12 Bits).

La resolución final, para  $2^{12} = 4096$ , es de 0.7mV. Si se toma en cuenta que para máxima luminosidad, se tiene una resistencia de  $100 \Omega$ , y para mínima una resistencia de  $30 \text{ M}\Omega$ , se puede llegar a una expresión para la resistencia necesaria, que permita aprovechar toda la resolución del ADC. Se llegó a que la resistencia debía tener un valor aproximado a los  $3.9 \text{ k}\Omega$ .

### Medición de la temperatura en el suelo:

Para esta medición se empleó el termistor activo MCP9700A, cuyo voltaje de salida es directamente proporcional a la temperatura de su entorno y puede detectar temperaturas de 0°C a 70°C con un error de  $\pm 2^\circ\text{C}$  y un consumo de corriente típico de 6  $\mu\text{A}$ . Se decidió usar este tipo de sensor en lugar de un termistor resistivo por tener mayor inmunidad a las capacitancias parasitas y ser considerado más adecuado para implementaciones donde el sensor se encuentre alejado del circuito principal.

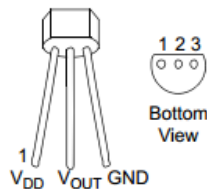


Figura 7 Termistor linear activo de baja potencia MCP9700A

El circuito para el sensor se diseñó siguiendo las recomendaciones del Datasheet para disminuir el ruido en las mediciones y puede observarse en la figura 8. La parte del circuito que se enterrará en el suelo comprende el termistor, un condensador de desacoplo y una resistencia, los cuales fueron recubiertos en termoencogible y silicón, como se observa en la figura 9, de forma que no fueran afectados por la humedad del suelo.

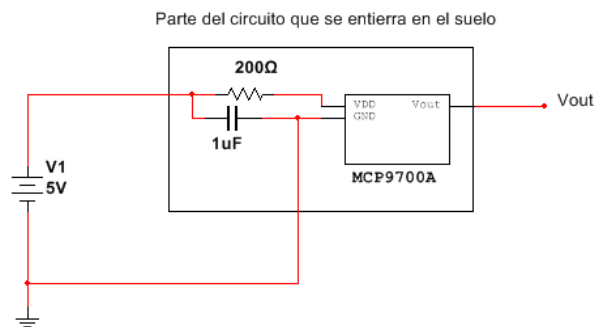


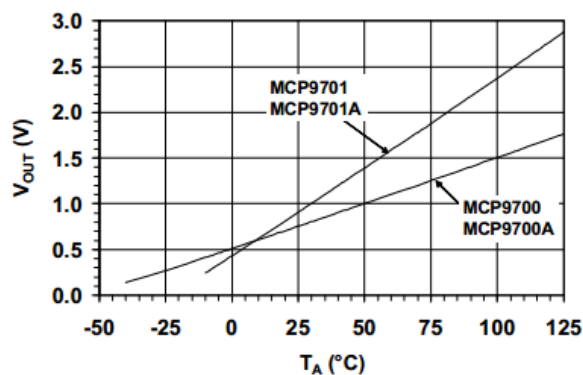
Figura 8 Circuito para el sensor de temperatura del suelo





**Figura 9 Sensor de temperatura del suelo, antes y después de cubrirlo**

Se decidió conectar la salida del sensor directamente a un pin del microcontrolador, pues la máxima corriente de salida especificada en el Datasheet es de 100uA, mientras que el máximo voltaje de salida es de aproximadamente 1.75V, como puede observarse en la siguiente gráfica:



**Figura 10 Voltaje de Salida vs. Temperatura para una alimentación entre 1.5V y 5.5V**

Para obtener la temperatura a partir del voltaje de salida del sensor, se aplicó la siguiente fórmula:

$$Temperatura = \frac{\left( V_{out\_sensor} * \frac{3}{4096} \right) - 0.5}{0.01}$$

Donde 3 es el voltaje máximo en el pin analógico, 4096 es  $2^{12}$ , la resolución del conversor analógico-digital, 0.5 equivale a 500mV, el voltaje de salida del sensor para 0°C y 0.01 representa el factor de 10mV/°C del sensor.

### Medición de la humedad del suelo:

Para medir la humedad del suelo se empleó el circuito que puede observarse en la figura 11. Los clavos metálicos se entierran en el suelo, que actúa como una resistencia variable, conduciendo electricidad en mayor o menor medida, dependiendo de su humedad. La resistencia del suelo disminuye cuando aumenta la cantidad de agua que contiene e incrementa a medida que se seca; esto implica que con el circuito utilizado, mientras mayor sea la humedad del suelo, mayor será el voltaje en el pin analógico.

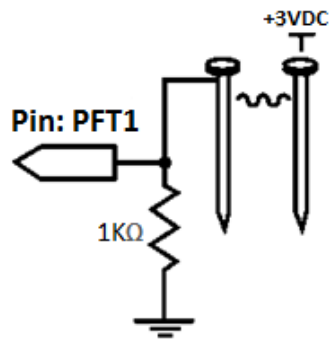


Figura 11 Circuito para medición de humedad en el suelo

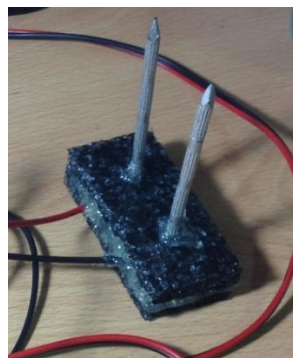


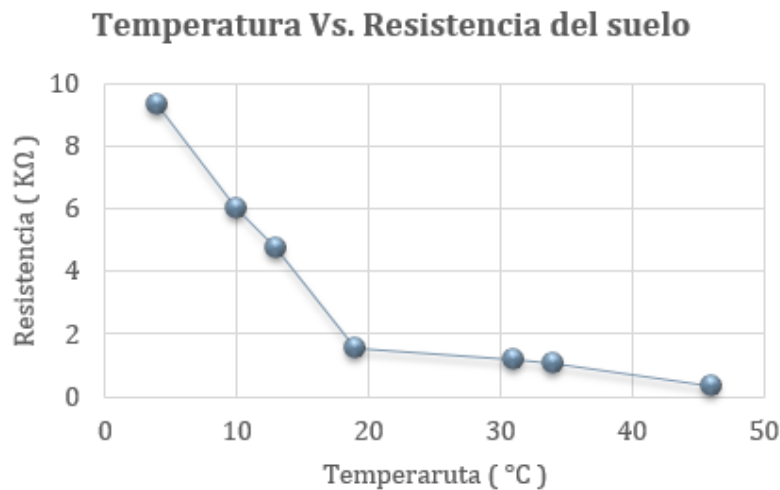
Figura 12 Terminales metálicos

Al medir con un multímetro la resistencia entre los terminales metálicos, enterrados en la tierra de una maceta, se observó que la medición variaba ligeramente de un instante a otro, aunque la temperatura y humedad se mantenían constantes. Esto se debía a que los clavos empleados no eran adecuados, pues no se encontraban galvanizados y empezaban a sufrir un proceso de electrólisis al estar en contacto con el agua y tener una corriente circulando entre ellos. Adicionalmente, el sensor tenía que mantenerse un tiempo prolongado en la tierra, para obtener una medición lo suficientemente estable.

Tomando en cuenta ambos factores se decidió no mostrar la humedad en porcentajes, como se tenía planeado inicialmente, optando por dar a la medición un enfoque más práctico y enfocado al usuario final; para esto se dividió la humedad del suelo en tres categorías: “Baja”, “Óptima” y “Excesiva”.

Para medir de forma adecuada la humedad del suelo, fue necesario considerar también su temperatura, pues cuando ésta aumenta la resistencia del suelo disminuye y al bajar la temperatura la resistencia se incrementa.

Como las propiedades del suelo varían de acuerdo a su tipo y a los minerales que contenga, se tuvo que encontrar de forma práctica la relación entre la resistencia y temperatura, pudiendo observarse la gráfica obtenida en la figura 13. Las mediciones se realizaron usando una mezcla de 200cc de agua con 60cc de tierra, para garantizar que la humedad no disminuyera con la evaporación al calentar la mezcla y que no aumentara al colocarla en el congelador para disminuir su temperatura.



**Figura 13 Gráfica de Temperatura Vs. Resistencia del Suelo**

Como la variación de resistencia fue muy baja entre 19°C y 31°C, se decidió considerarla constante para dicho intervalo. Al realizar la corrección de la resistencia en el código, se consideró una recta con pendiente -500 para temperaturas menores a los 19°C y otra con pendiente -58 para temperaturas superiores a los 31°C, de forma que la resistencia “real”, llevada al intervalo entre 19°C y 31°C, pudiera obtenerse mediante la aplicación de una de las siguientes fórmulas, según correspondiera:

$$Resistencia\ real = -500 * (19 - temperatura\ medida, menor\ a\ 19^{\circ}C) + Resistencia\ medida$$

ó

$$Resistencia\ real = -58 * (31 - temperatura\ medida, mayor\ a\ 31^{\circ}C) + Resistencia\ medida$$

Obteniendo el voltaje en la salida del divisor con la siguiente relación:  $Voltaje\ real = \frac{1k\Omega * 3V}{Resistencia\ real + 1k\Omega}$

Para finalizar se midió a 25°C el voltaje a la salida del divisor, estableciendo los rangos correspondientes a las tres clasificaciones de humedad:

Humedad	Baja	Óptima	Excesiva
Voltaje en el pin analógico	Menor a 0.84V	Entre 0.84V y 1.69V	Mayor a 1.69V

Tabla 1 Rangos de voltaje correspondientes a las tres categorías de humedad

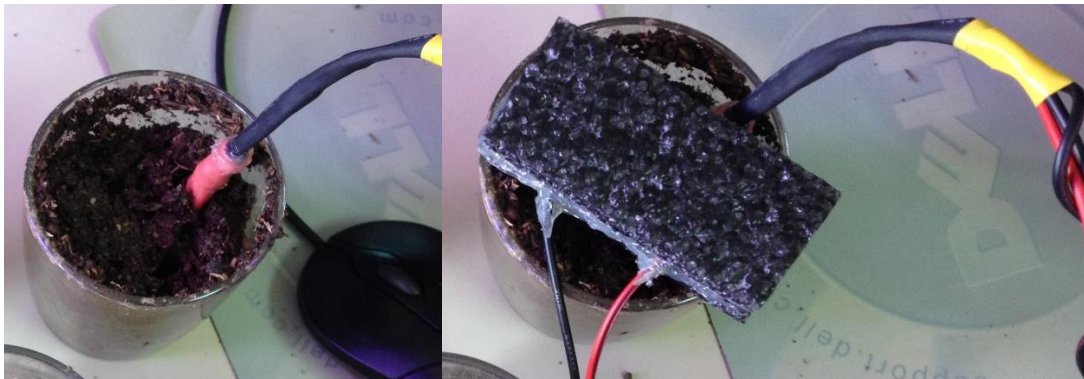


Figura 14 Medición de la humedad del suelo, con corrección de temperatura

### Medición de la velocidad del viento:

Para realizar ésta medición se construyó un anemómetro de ultrasonido, que funciona mediante la medición del tiempo que tarda una señal a 40KHz en llegar del emisor a un receptor ubicado frente a él, a una distancia  $D$  conocida. El instrumento construido puede observarse en la figura 15 y cuenta con 4 cornetas, dos de las cuales actúan como emisor y las otras dos como receptor.

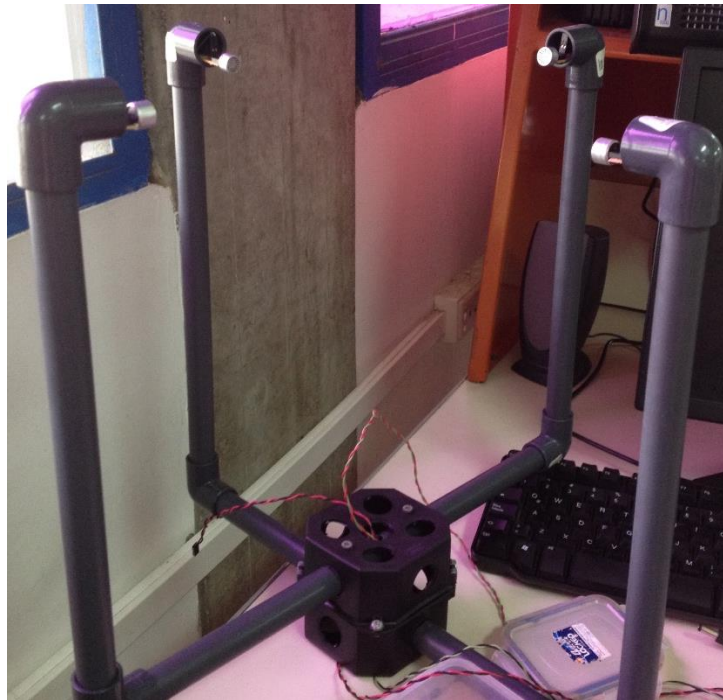


Figura 15 Anemómetro ultrasónico.

El funcionamiento de éste dispositivo se basa en lo siguiente: Suponiendo que se tienen los sensores separados a una distancia  $D$ , el tiempo que tarda la señal desde el emisor 1 hasta el receptor 1 con viento es:

$$t1 = D / (vs \pm Vx)$$

Dado que la velocidad del sonido ( $vs$ ) es lineal y proporcional a la temperatura, para temperaturas cercanas a la ambiente, se obtiene la velocidad del sonido haciendo uso de la temperatura obtenida con el sensor DHT11:

$$vs \approx 331.4 + 0.61 \cdot temp [1]$$

Usando las fórmulas anteriores se obtiene la componente de la velocidad del viento  $V_x$  y aplicando el mismo procedimiento en un segundo par emisor-receptor, ubicado de forma perpendicular al primero, se obtiene la otra componente de la velocidad del viento,  $V_y$ . De esta manera se puede obtener la velocidad  $V$  del viento y su ángulo  $\alpha$  de incidencia, mediante:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{V_y}{V_x}\right)$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

#### ◊ Emisor ultrasónico:

Se genera una PWM con el microcontrolador, de frecuencia de 40KHz y que se envía hasta que se detecta el primer flanco de bajada en el receptor. Dicha señal tiene un voltaje máximo de 3 voltios, lo cual no es suficiente para el emisor ultrasónico, que es poco eficiente y necesita recibir una señal de alto voltaje, de forma que el receptor pueda captarla después de las pérdidas y contaminación con ruido.

Por esa razón, la señal del microcontrolador se usa como entrada para el circuito de la figura 16, el cual aumenta el voltaje de la señal recibida a 15 voltios. A la entrada "SIG-" se conecta la salida de una compuerta lógica *Not* o Inversor, que invierte la señal obtenida del microcontrolador; dicha señal se emplea directamente para la entrada "SIG+". De esta forma solo es necesario generar con el microcontrolador una PWM por cada par emisor-receptor.

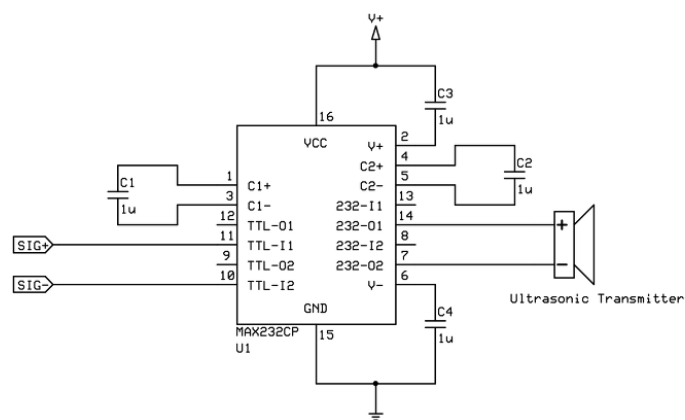


Figura 16 Circuito para el emisor del anemómetro ultrasónico

Cuando el microcontrolador genera la PWM, empieza un contador que se detendrá al llegar la señal al receptor, enviando por serial el tiempo de tránsito medido.

### ◊ Receptor ultrasónico:

La señal captada por el receptor ultrasónico era de bajo voltaje y se encontraba muy contaminada por ruido de frecuencia 60Hz, proveniente de las líneas eléctricas. Por ello, resultó necesario acondicionar la señal antes de enviarla al microcontrolador.

En la figura 17 se puede observar el diagrama de bloques del circuito de acondicionamiento para la señal captada por el receptor ultrasónico.

El bloque de nombre “GNDV” es la tierra virtual, una señal DC de 2,5 voltios. Es necesario emplear una tierra virtual para los bloques de amplificación y filtro pasa alto, pues en ambos se utiliza un amplificador operacional, alimentado en modo single supply, de 0 a 5 voltios; la tierra virtual actúa como un offset, subiendo el nivel de la señal, que originalmente puede tener componentes negativas, no aceptables para un amplificador alimentado únicamente con voltajes positivos.

Los circuitos para la tierra virtual, etapa inicial de ganancia y filtro pasa alto activo, pueden observarse en las imágenes 18, 19 y 20 respectivamente. No se colocó un filtro pasa bajo para antisolapamiento, pues la ganancia del filtro pasa alto en conjunto con el ancho de banda del amplificador utilizado, el LM324N, hacen que el filtro pasa alto se comporte como un pasa banda. En la figura 21 se encuentra la respuesta en frecuencia del filtro pasa alto conectado a la etapa de ganancia y como se puede observar, para una frecuencia de 40KHz ya empieza a presentarse una reducción de la ganancia, lo que confirma que la implementación de un filtro pasa bajo no es necesaria.

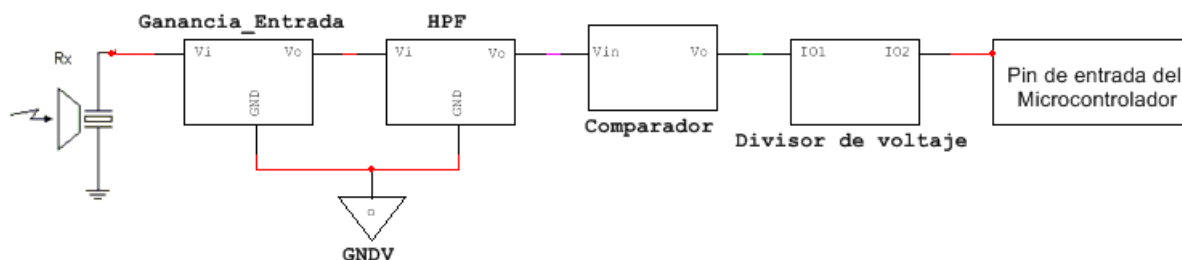


Figura 17 Diagrama de bloques del circuito receptor para el anemómetro ultrasónico

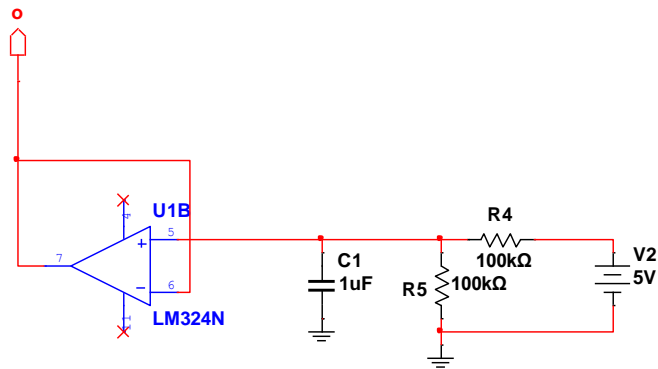


Figura 18 Circuito para la tierra virtual del receptor

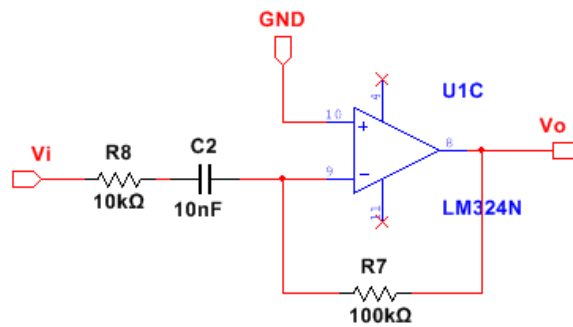


Figura 19 Circuito para la etapa inicial de ganancia en el receptor

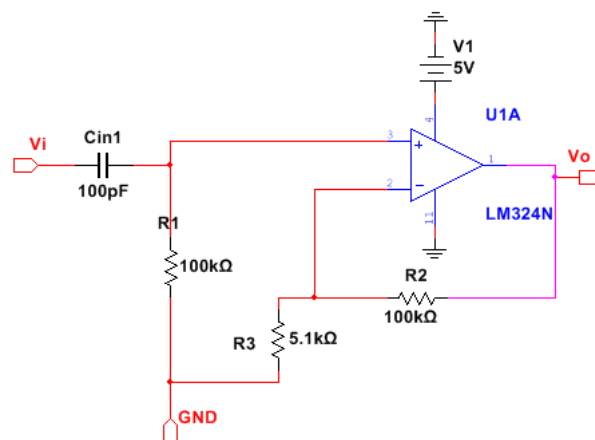
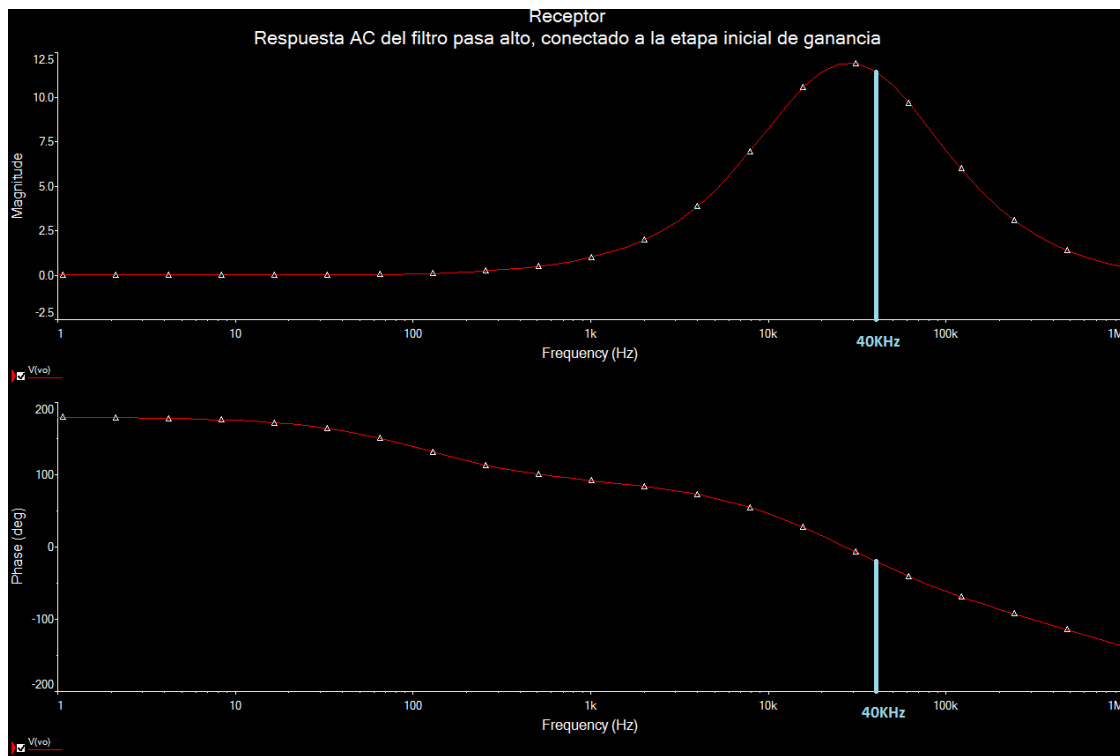


Figura 20 Circuito para el filtro pasa alto en el receptor





**Figura 21 Respuesta en frecuencia del filtro pasa alto, conectado a la etapa inicial de ganancia**

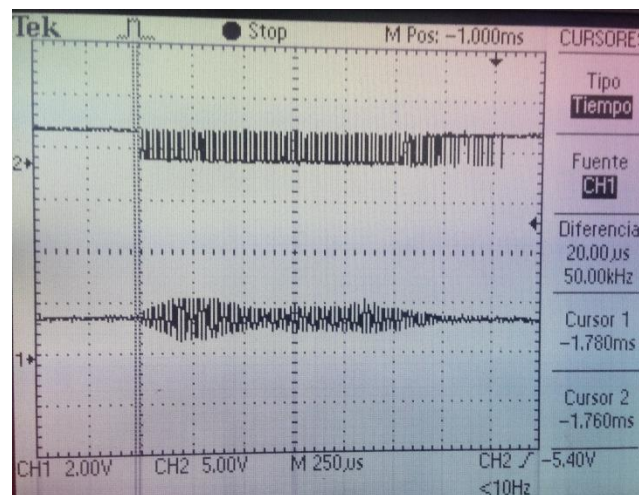
En la figura 23, se puede observar un circuito que emplea el LM311P. Su propósito es comparar la señal proveniente del filtro pasa alto, “Vin”, con un voltaje de comparación o *threshold*. Cuando el voltaje de “Vin” es mayor al de comparación, la salida del comparador es un DC de 5 voltios, en caso contrario dicha salida es cero. Se optó por usar un potenciómetro para establecer el voltaje de comparación, de forma que el circuito fuera más práctico de calibrar; para elegir dicho voltaje se consideraron los siguientes factores:

- La señal presentaba ruido de alta frecuencia, en apariencia aleatorio, elevado también por el offset de 2.5V y que podía tener picos mayores a 500mV.
- El amplificador operacional utilizado se saturaba a un voltaje de aproximadamente 3.5 voltios.

Tomando ambos hechos en cuenta, se decidió usar un voltaje de comparación de 800mV, de forma que la salida del comparador se mantuviera siempre en 5V y bajara a 0V al recibir el primer flanco de bajada de la señal. Con esto se garantizó que ningún pico del ruido pudiera confundirse por la llegada de la señal, la cual tenía un voltaje pico de aproximadamente 2 Voltios, llegando de 500mV a los 3.5V que permitía el amplificador.

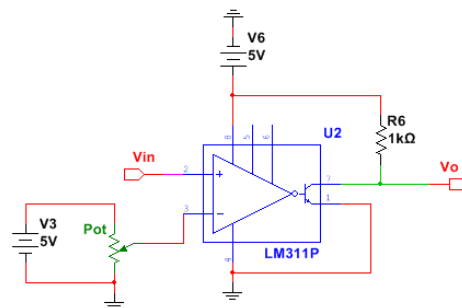
Con el nuevo voltaje de comparación se comprobó que el receptor no confundía los picos de ruido con la señal del emisor, sin embargo, se presentaba de forma esporádica un incremento en la velocidad medida, aun en ambientes cerrados y prácticamente sin viento. A través de múltiples mediciones, se observó que dicho

aumento siempre se encontraba alrededor de 25 $\mu$ s y el estudio de la onda recibida con el osciloscopio permitió llegar a la conclusión de que en ocasiones la atenuación de la señal durante el envío era excesiva y no se lograba detectar el primer ciclo de la señal; se incrementó la amplificación de la segunda etapa de ganancia y el voltaje de comparación, pero aun así se seguía perdiendo esporádicamente el primer ciclo de la señal, por lo que se optó por hacer un promedio de diez mediciones en el código, de forma que el error en una de ellas no afectara de forma significativa la velocidad final obtenida. Dicha solución permitió obtener valores mucho más estables en la medición y no ralentizó el código, pues cada medición de tiempo tomaba menos de 2ms.



**Figura 22 Señal Recibida y la Salida del Comparador (Medida del Error)**

Como el microcontrolador solo acepta entradas de 0 a 3 voltios y el comparador genera señales entre 0 y 5 voltios, fue necesario usar un divisor de voltaje como el que puede observarse en la figura 24. Cuando el microcontrolador detecta el primer flanco de bajada en la señal de salida del divisor, se detiene el contador y se envía la medida al programa en Processing, donde se realizan correcciones en el tiempo medido, multiplicándolo por el *step* del contador y sumándole una constante obtenida al calibrar el anemómetro en un espacio sin viento, donde la velocidad de la onda de 40KHz debía ser igual a la velocidad del sonido.



**Figura 23 Circuito para el comparador en el receptor**

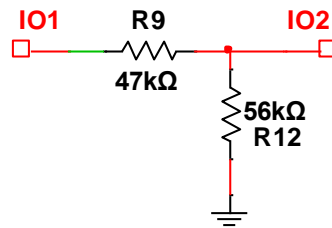
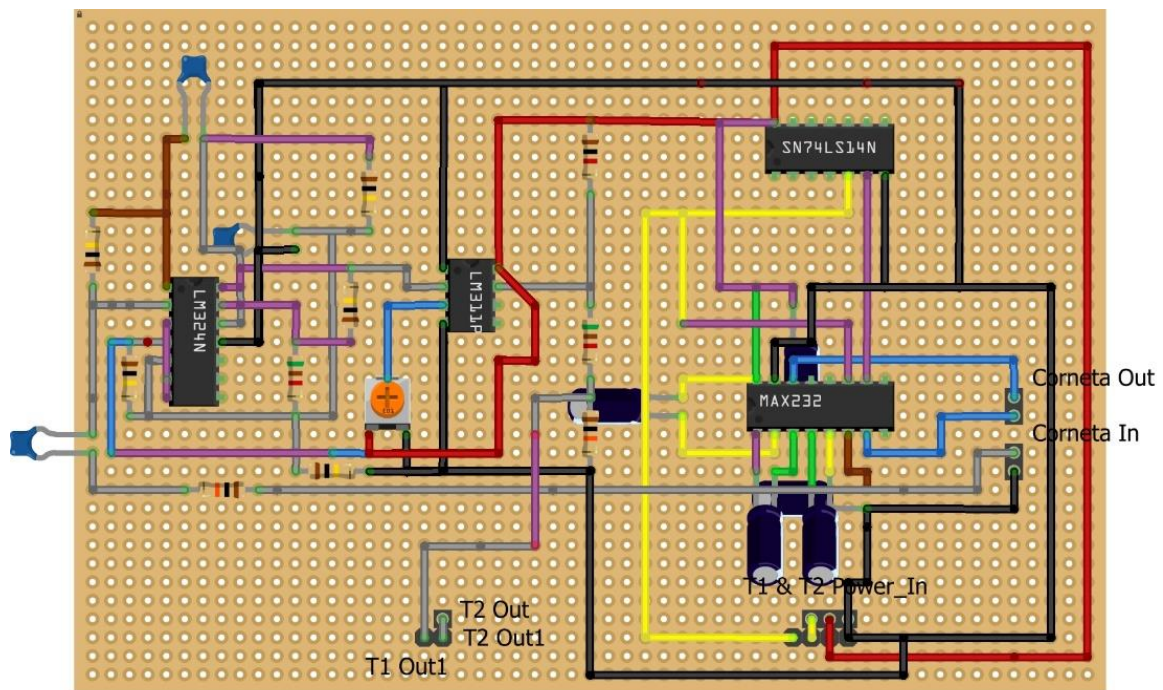


Figura 24 Circuito para el divisor de voltaje en el receptor

Cada par emisor-receptor requería un circuito como el de la figura 25, por ello, se decidió organizar ambos circuitos para que la tarjeta correspondiente al segundo par, encajara sobre la del primero, de tal forma que el circuito inferior recibiera la alimentación y las señales del microcontrolador, mientras que en el circuito superior solo se conectaban las cuatro cornetas. El resultado obtenido puede observarse en la figura 26.



T1 & T2 Power\_In\_Main\_Board\_

Figura 25 Circuito receptor del anemómetro ultrasónico para soldar en baquelita perforada



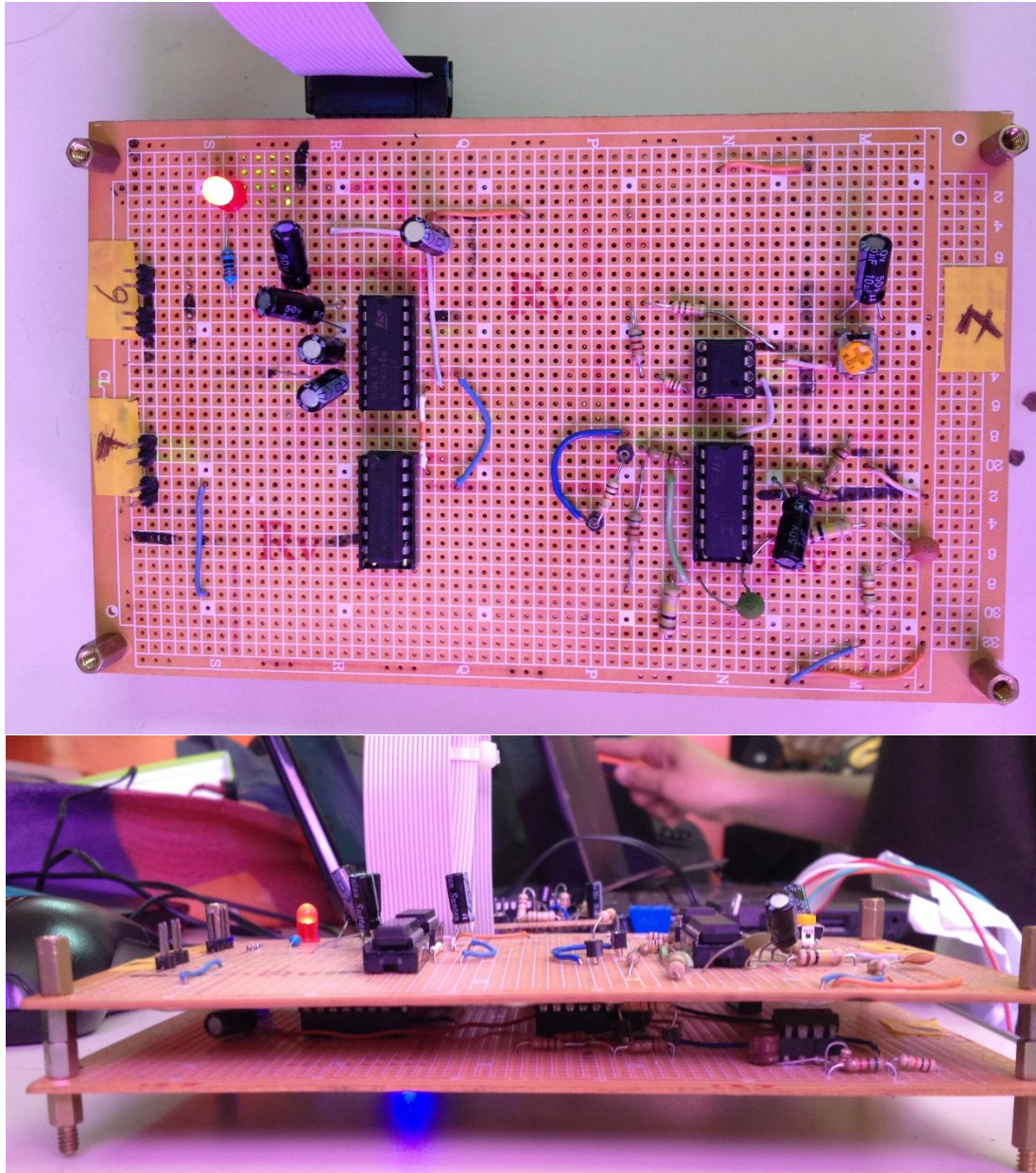


Figura 26 Circuitos para los dos pares emisor-receptor del anemómetro

A continuación se tiene un diagrama de flujo para el procesamiento de datos provenientes del anemómetro.

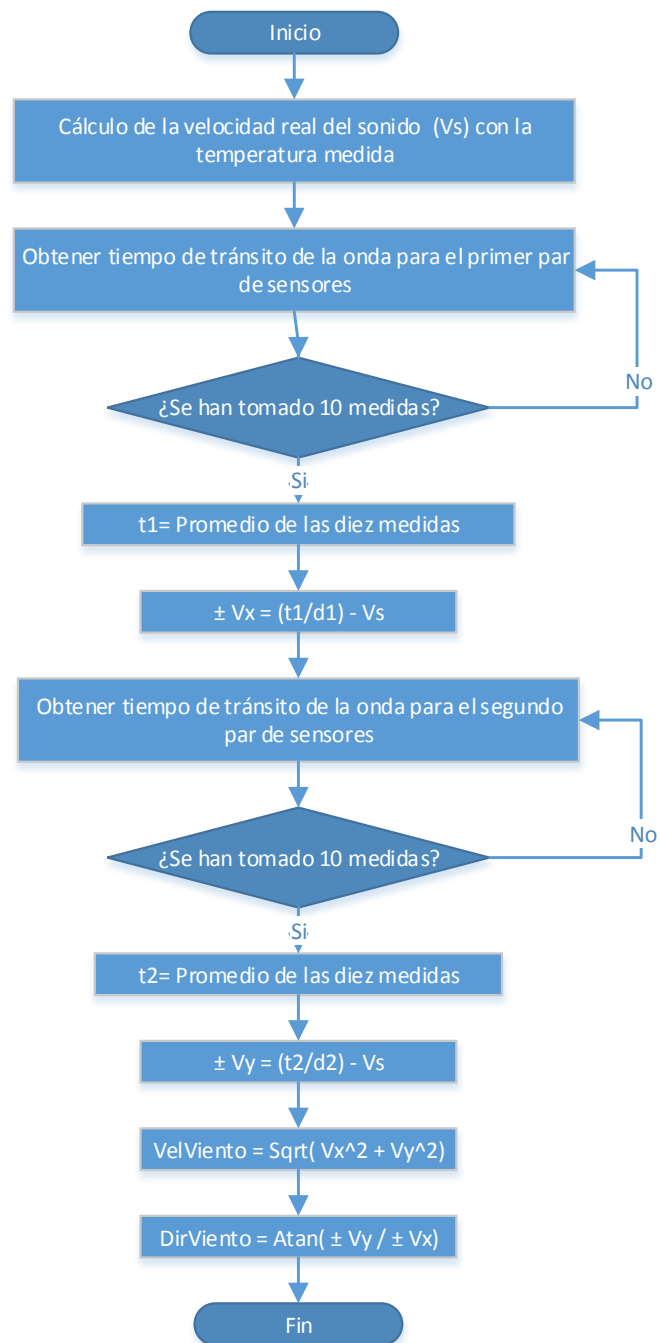


Figura 27 Diagrama de flujo para el procesamiento de datos del anemómetro

### Tarjeta principal:

Una vez contruidos los sensores de forma individual, resultó necesaria una tarjeta principal donde se conectaran todos, para alimentarlos y comunicarlos con el microcontrolador. En dicha tarjeta se colocó un conector para el microcontrolador y los distintos conectores requeridos por cada sensor. También se agregó un conector para puerto serial inalámbrico y la alimentación de 5 voltios, para la cual se usó un regulador de 5 voltios, con un capacitor de 100uF en paralelo a otro de 0.1uF a la salida, con propósito de filtrado. El circuito obtenido se puede observar en la siguiente figura:

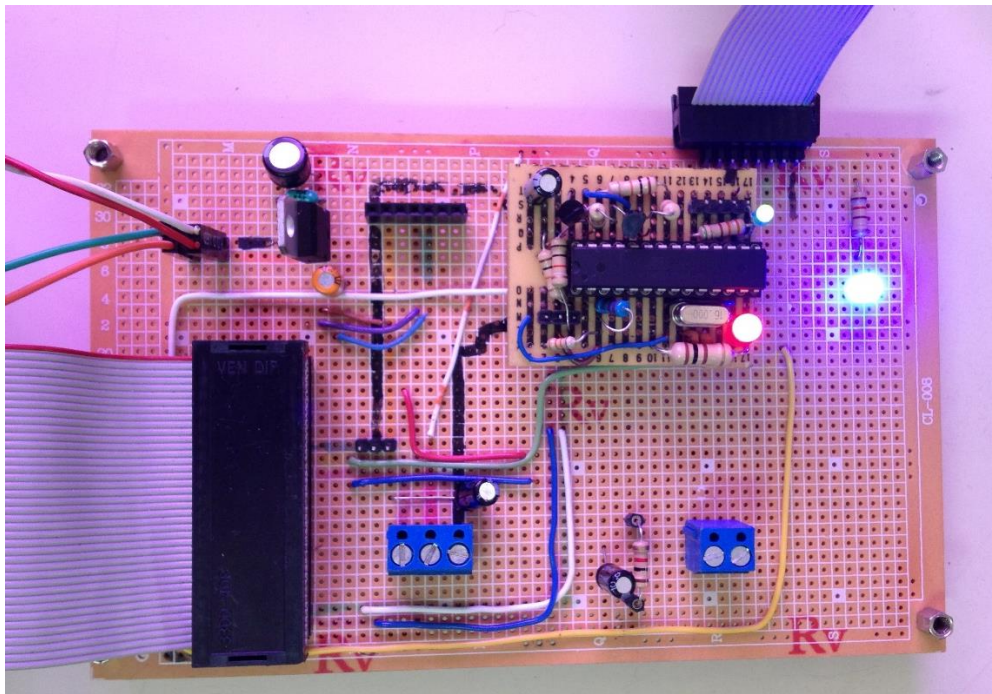


Figura 28 Tarjeta principal para la estación meteorológica

#### Microcontrolador:

Los datos se obtendrán a través del microcontrolador, que a su vez se comunicará por un protocolo de comunicación a diseñar con la plataforma PC. Esta plataforma permitirá enviar a la nube los datos adquiridos mediante la aplicación desarrollada en Processing.

Dada la cantidad de procesos que el microcontrolador debía llevar a cabo, se decidió atacar este problema de cómputo mediante el uso modular de interrupciones, dado que facilitan la implementación del código necesario de manera modular y separada.

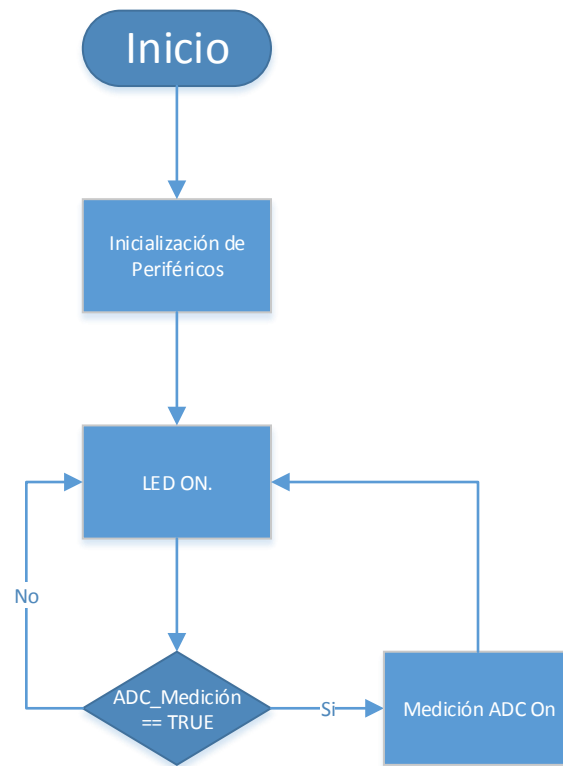


Figura 29 Diagrama de flujo Microcontrolador, Main

Para la recepción serial SCI1, que se debía comunicar con la PC, se implementó una estructura switch, que permitió separar las peticiones de la PC. En esta estructura se realiza el algoritmo correspondiente a cada una de las mediciones.

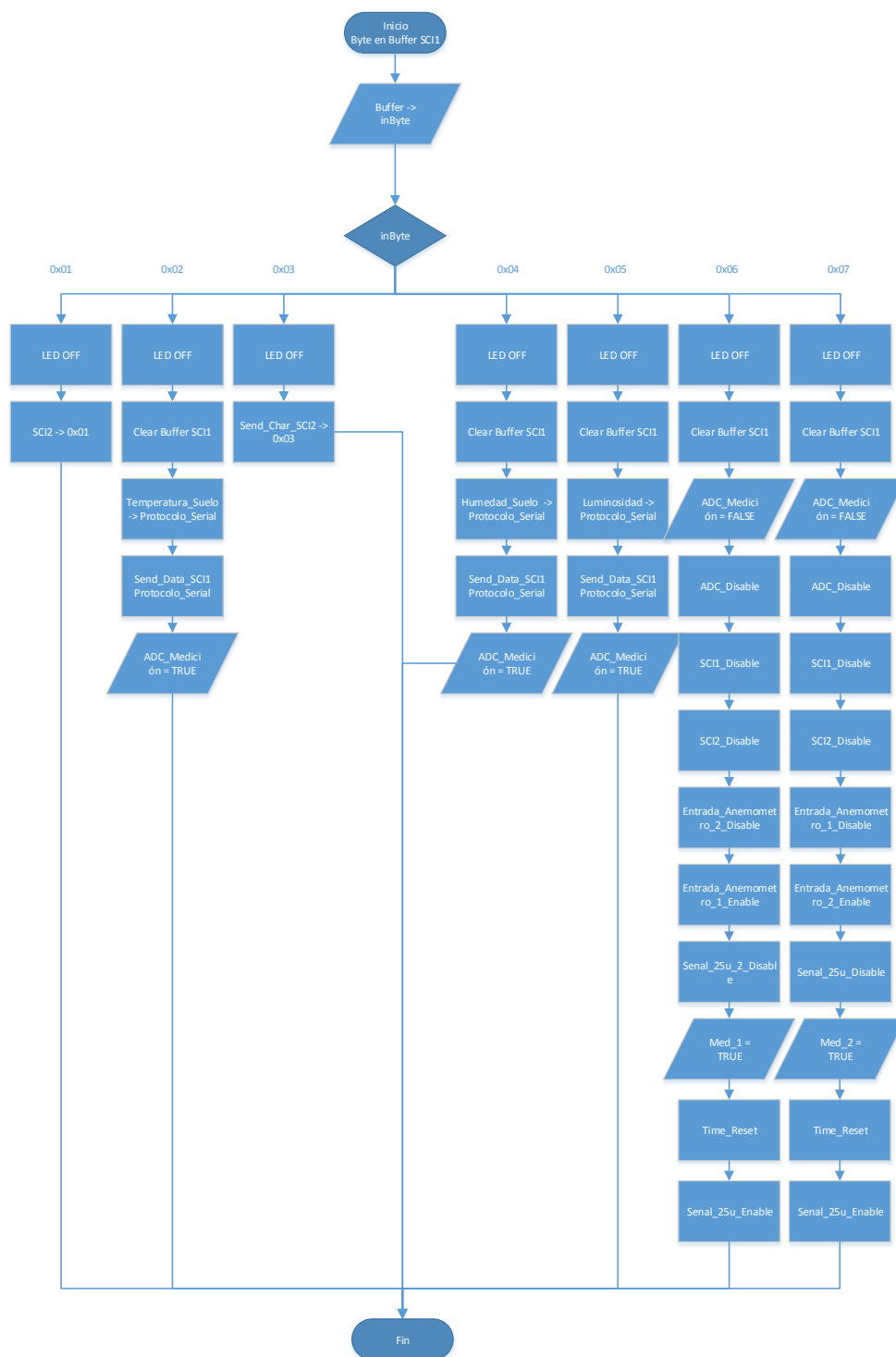


Figura 30 Diagrama de Flujo Interrupción Serial SCI1

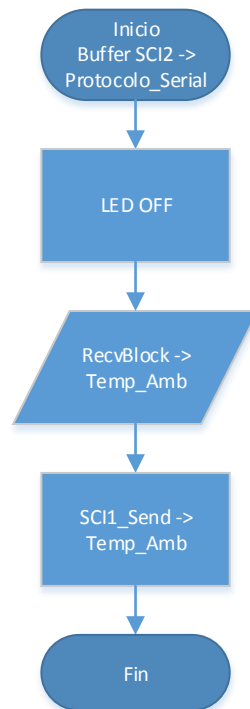


En la siguiente tabla se puede observar las mediciones que realiza el microcontrolador y los respectivos números hexadecimales para ser solicitados mediante el puerto serial SCI1.

<i>Medición</i>	<i>Número Hexadecimal</i>
<i>Temperatura Ambiental</i>	0x01
<i>Temperatura del Suelo</i>	0x02
<i>Humedad del Ambiente</i>	0x03
<i>Humedad del Suelo</i>	0x04
<i>Luminosidad</i>	0x05
<i>Tiempo de Anemómetro 1</i>	0x06
<i>Tiempo de Anemómetro 2</i>	0x07

**Tabla 2 Mediciones Realizadas por el Microcontrolador**

Dado que la medición de Temperatura y humedad del ambiente se realizan en el sensor DHT11, se debe comunicar mediante el driver diseñado. A continuación se puede ver el diagrama de flujo de la interrupción del SCI2, que interactúa con el ATMEGA328PU.



**Figura 31 Diagrama de Flujo de SCI2 (Proveniente del Sensor de Temperatura y Humedad)**

En cuanto a la medición de tiempo de tránsito de la señal generada de 40 kHz, en el eje X y el eje Y (Componentes de la velocidad del tiempo), les corresponde los siguientes diagramas de flujo.

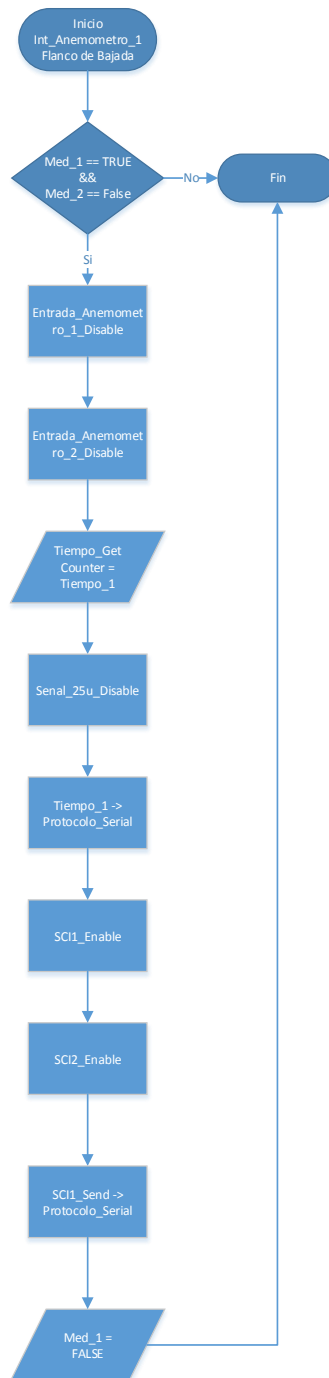


Figura 32 Diagrama de Flujo de la Medición de Tiempo 1

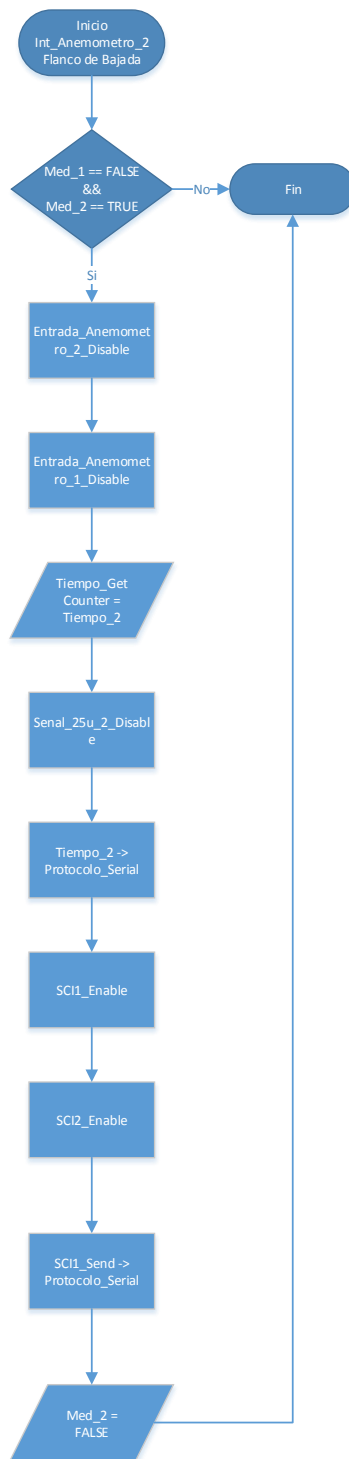
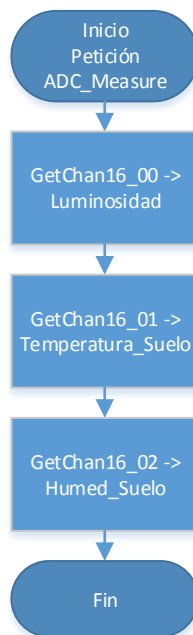


Figura 33 Diagrama de Flujo de la Medición de Tiempo 2

La manera como se diseñó el código de obtención de tiempo de tránsito, permitió que se realizara la medición de manera que el tiempo se viera afectado en lo más mínimo por los demás periféricos, mediciones, eventos, etc.



**Figura 34 Diagrama de Flujo de la interrupción de ADC**

En cuanto a la figura anterior, se puede observar que cuando la interrupción del ADC se lleva a cabo, realiza mediciones con una resolución de 16 Bits, y se guardan los valores para su posterior envío.

### Protocolo de Comunicaciones:

Un protocolo de comunicaciones es un conjunto de reglas y normas que permiten que dos o más entidades de un sistema se comuniquen para transmitir de relevancia. Se trata de las reglas o estándares que define la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación, así como posibles métodos de recuperación de errores. Los protocolos pueden ser implementados por hardware, software, o una combinación de ambos.

Para el caso de la comunicación entre el microcontrolador, la PC y el Atmel328PU, se diseñó un protocolo de comunicaciones digital, adecuado a la transmisión por puerto serial. Este protocolo consta de una trama de cinco bytes, como se puede ver a continuación.

**	**	**	**	0xFF
0	1	2	3	4

**Tabla 3 Trama de bytes del protocolo Serial.**

Cada uno de estos Byte indica información relevante para el receptor.

- Byte 0: Indica el tipo de dato enviado (Sensor).
- Byte 1: Indica DATA1, los bits más significativos de la medida.
- Byte 2: Indica DATA2, los bits menos significativos de la medida.
- Byte 3: Indica si en DATA1 o en DATA2 hubo 0xFF. Si fue en DATA1, envía 0x01, si fue en DATA2, envía 0x02, si fue en DATA1 y DATA2, envía 0x03. Caso contrario envía 0x00 (No hay 0xFF en la medida).
- Byte 4: Indica el fin de la trama enviada con 0xFF.

Este protocolo tiene como bondad, que se puede realizar una transmisión de 16 Bit de información, con indicación del tipo de dato y fin de trama.

### Processing:

Para el procesamiento de los datos obtenidos por el microcontrolador y la comunicación con el usuario, se empleó un código en Processing 1.0, el cual hacía uso de varias librerías, entre ellas *twitter4j* para publicar los datos en twitter y *G4P* para construir la interfaz gráfica con mayor facilidad. En la siguiente figura se puede observar el diagrama de flujo del funcionamiento principal del programa:

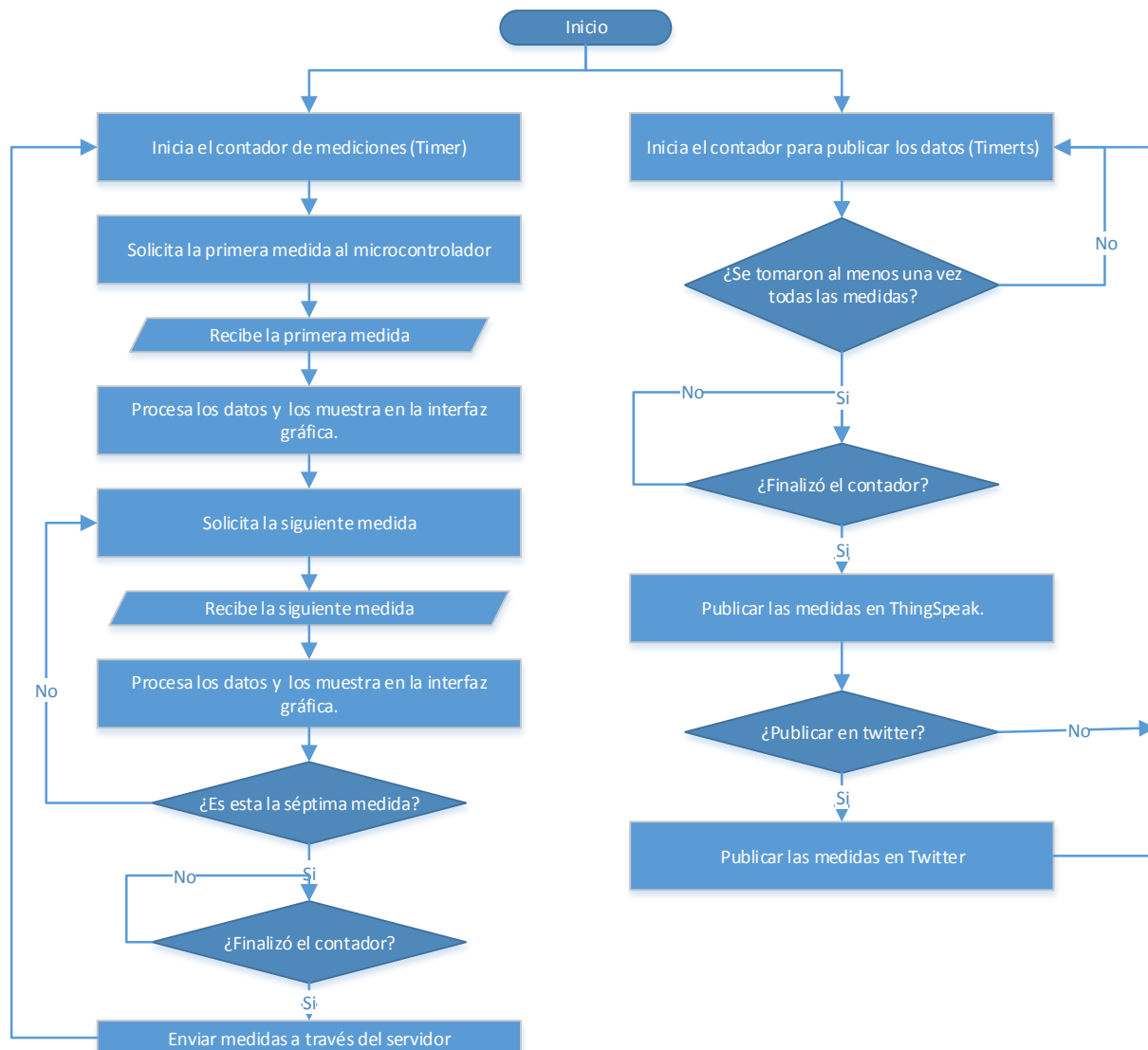


Figura 35 Diagrama de flujo del programa en Processing

La interfaz gráfica del programa se puede observar en la siguiente figura y permite elegir el puerto serial a utilizar, la frecuencia con la cual se realizan las mediciones y si se publicaran o no en twitter; también permite realizar mediciones de forma individual al presionar el botón de “refrescar”, ubicado al lado de la medición correspondiente. Para la medición de velocidad y dirección del viento se agregó una flecha que muestra en grados la dirección y varía su longitud, según la velocidad medida.

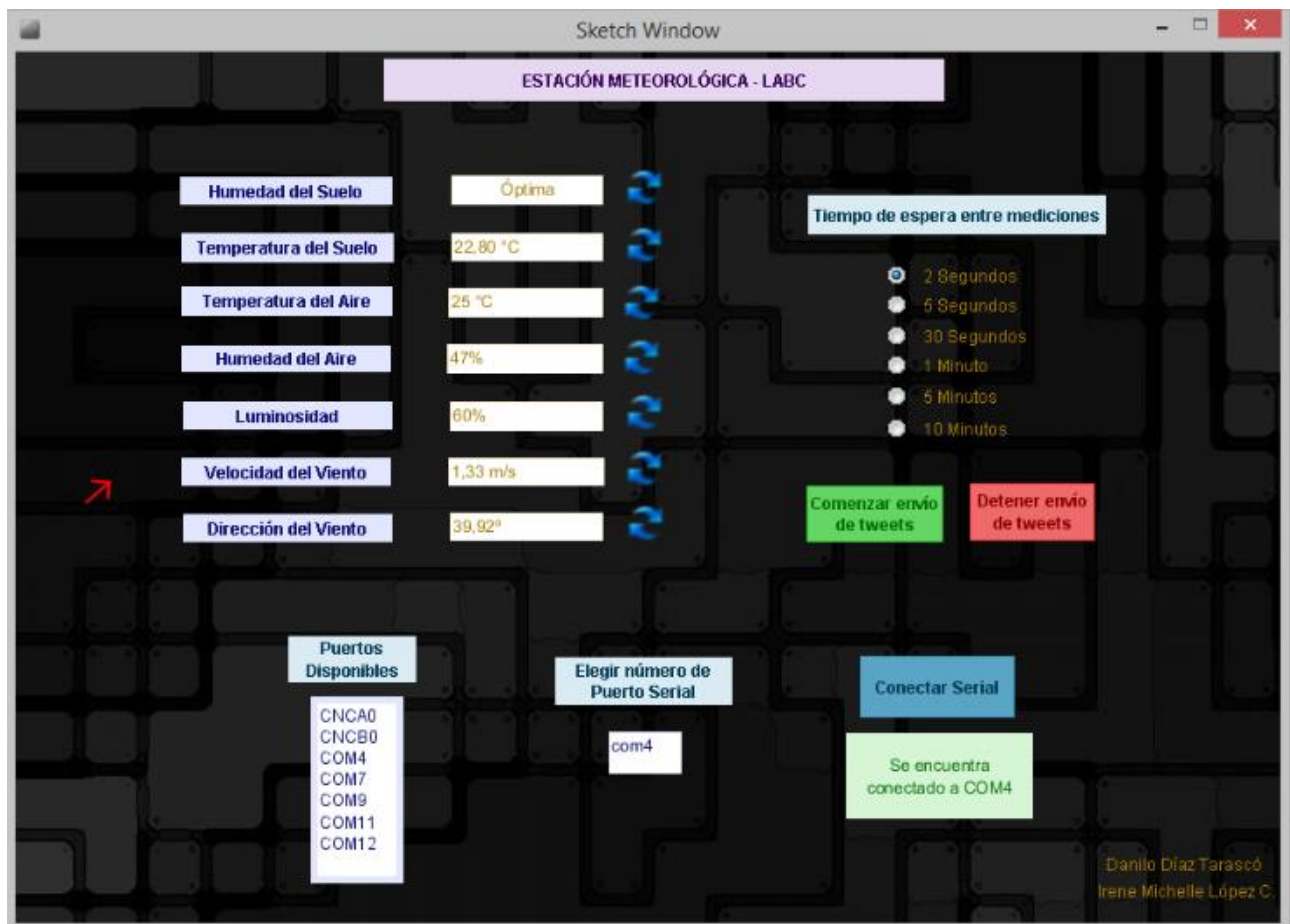


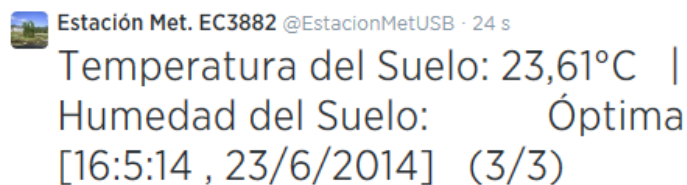
Figura 36 Interfaz gráfica del programa hecho con Processing

Como uno de los objetivos de la estación meteorológica era poder monitorear las variables de forma remota, se creó una cuenta de Twitter y un Canal en ThingSpeak para publicar las mediciones. Una muestra de la información publicada en ambas páginas se puede observar en las siguientes imágenes:



Figura 37 Canal en ThingSpeak que almacena y muestra gráficamente las mediciones de la estación





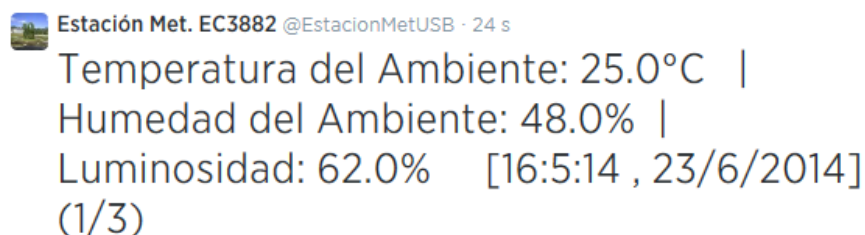
Estación Met. EC3882 @EstacionMetUSB · 24 s  
Temperatura del Suelo: 23,61°C |  
Humedad del Suelo: Óptima  
[16:5:14 , 23/6/2014] (3/3)

↩ ↻ ★ ⋮



Estación Met. EC3882 @EstacionMetUSB · 24 s  
Velocidad del viento: 9,53m/s | Dirección  
del viento: 177,89° [16:5:14 , 23/6/2014]  
(2/3)

↩ ↻ ★ ⋮



Estación Met. EC3882 @EstacionMetUSB · 24 s  
Temperatura del Ambiente: 25.0°C |  
Humedad del Ambiente: 48.0% |  
Luminosidad: 62.0% [16:5:14 , 23/6/2014]  
(1/3)

↩ ↻ ★ ⋮

Figura 38 Publicación en Twitter de las mediciones de la estación meteorológica

## RECOMENDACIONES

El resultado del proyecto fue satisfactorio, pero se recomienda para su próxima versión los siguientes puntos:

- Si bien había la posibilidad de realizar una multiplexación de los emisores y receptores ultrasónicos, si no se desea obtener la temperatura, se recomienda el uso de emisores y receptores fijos es una buena solución, ya que la calibración es sencilla.
- Se recomienda conseguir clavos galvanizados para evitar la electrólisis en el circuito de sensor de humedad del suelo.
- Si se dispone de tiempo, es recomendable desarrollar una librería que permita utilizar el DHT11 directamente con el HCS08.
- Se recomienda comparar la medición de viento con un anemómetro comercial para una calibración más precisa.

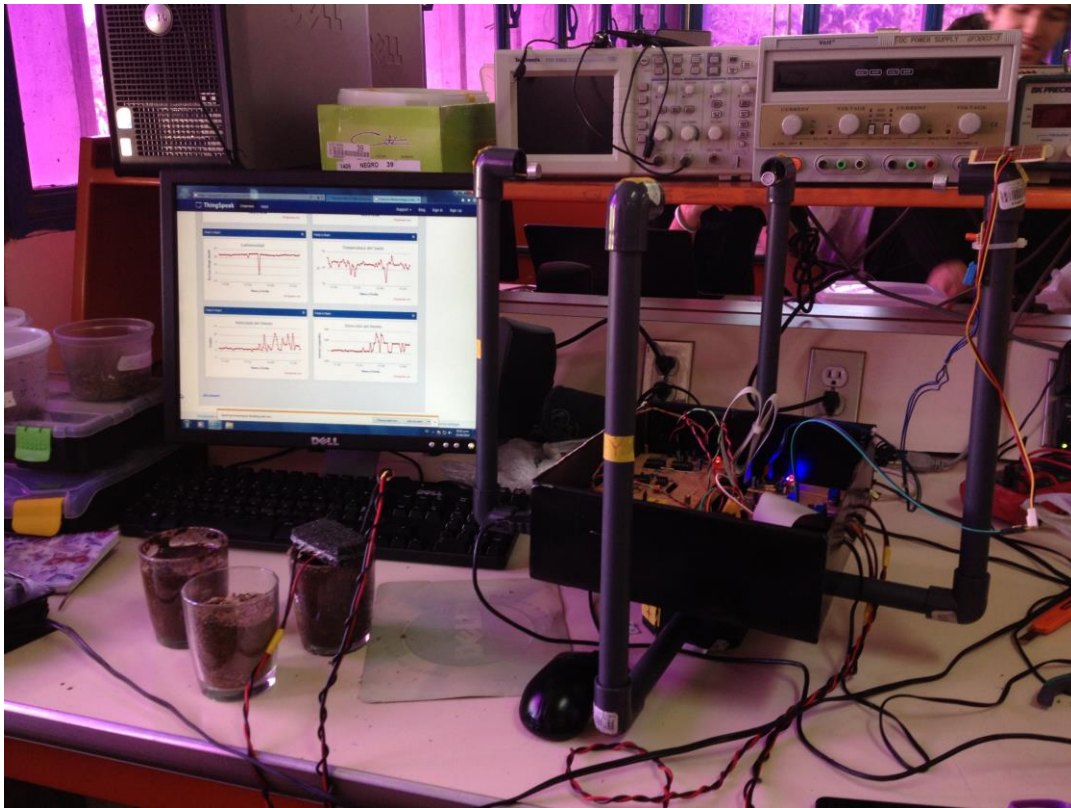


Figura 39 Estación Metereológica

## REFERENCIAS

1. Variación de la velocidad del sonido con la temperatura. Consulta desde [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica\\_/ondas/acustica/sonido/sonido1.html](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/ondas/acustica/sonido/sonido1.html)
2. Ultrasonic Anemometer (Wind speed and direction). Consulta desde <http://www.technik.dhbw-ravensburg.de/~lau/ultrasonic-anemometer.html>
3. Circuit explanation of Ultrasonic Range Meter unit. Consulta desde [http://www.sxlist.com/images/www/hobby\\_elec/e\\_srm1\\_4.htm](http://www.sxlist.com/images/www/hobby_elec/e_srm1_4.htm)
4. Ultrasonic Anemometer Project. Consulta desde <https://code.google.com/p/mysudoku/downloads/detail?name=UltrasonicAnemometer.zip&can=2&q>
5. Arduino Ultrasonic MAX232. Consulta desde: <http://arduinomo.com/articles/Module/ultrasonic-max232>
6. Making a Better HC-SR04 Echo Locator. Consulta desde: [http://uglyduck.ath.cx/ep/archive/2014/01/Making\\_a\\_better\\_HC\\_SR04\\_Echo\\_Locator.html](http://uglyduck.ath.cx/ep/archive/2014/01/Making_a_better_HC_SR04_Echo_Locator.html)
7. Datasheets :

<b>Componente</b>	<b>Fabricante</b>
MCP9700A	Microchip
LM311	Texas Instrument
MAX232	Texas Instruments
SN74LS14N	Texas Instruments
LM2940CT	Texas Instruments
LM324N	Fairchild Semiconductor
DHT11	Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd
ATMEGA328P-PU	Atmel

8. Appendix B: Soil Resistivity Measurements. Consulta desde: <http://www.lmrsitestandard.com/wp-content/blogs.dir/2/files/2012/09/Appendix-B-Motorola-R56-09-01-05.pdf>
9. Revista Make. Volumen 18, páginas 92-99. Consulta desde: <http://www.make-digital.com/make/vol18/?pg=94#pg94>
10. Gardenbot – The Soil Moisture Sensor. Consulta desde: <http://gardenbot.org/howTo/soilMoisture/>
11. How to measure temperature with Arduino and MCP9700. Consulta desde: <http://starter-kit.nettigo.eu/2010/how-to-measure-temperature-with-arduino-and-mcp9700/>
12. DHT11 Humidity & Temperature Sensor. Consulta desde: <http://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf>

- 
13. Configuración de pines - DEMOQE128. Consulta desde:  
[http://wikitronica.labc.usb.ve/index.php/Configuraci%C3%B3n\\_de\\_pines-DEMOQE128](http://wikitronica.labc.usb.ve/index.php/Configuraci%C3%B3n_de_pines-DEMOQE128)
  14. Processing and Twitter. Consulta desde: <http://codasign.com/tutorials/processing-and-twitter/>
  15. Quick Tutorial – Processing & Twitter. Consulta desde: <http://blog.blprnt.com/blog/blprnt/updated-quick-tutorial-processing-twitter>
  16. C4P (GUI for Processing). Consulta desde: <http://www.lagers.org.uk/g4p/>
  17. Weather Station. Consulta desde: <http://make.larsi.org/WeatherStation/>
  18. ThingSpeak Channels. Consulta desde: <http://community.thingspeak.com/tutorials/thingspeak-channels/>