

UNIVERSIDAD DE SEVILLA



Capítulo 8

Resultado final

- 8.1.- Placa resultado**
- 8.2.- Valores de pruebas**
 - 8.2.1.- Prueba de estabilidad de resultados**
 - 8.2.2.- Prueba de aceleración-deceleración**
 - 8.2.3.- Prueba de ángulos**
 - 8.2.4.- Niveles medios constantes**
- 8.3.- Código fuente**
- 8.4.- LabView. Representación de resultados**
- 8.5.- Conclusiones**

8.1.- Placa resultado

Las primeras pruebas con todos los elementos que se han testado durante la realización del proyecto se realizaron usando placas de prueba, donde se comprobaba la respuesta del dispositivo. Una vez elegidas algunas partes se podía proceder a la realización de una placa intermedia que solucionara los aspectos estudiados hasta ese momento. Al final, como resultado se ha realizado la placa de circuito que se muestra en la figura.



Ilustración 69: Placa resultado

Se trata de un primer prototipo, y por tanto se deberá continuar con su estudio. Deberá montarse una placa profesional para continuarlo y perfeccionar los resultados.

El esquema pcb de la placa también se encuentra añadido al proyecto.

8.2.- Valores de pruebas

Los resultados que se exponen a continuación corresponden a pruebas realizadas el día 8 de Noviembre de 2006. En un primer momento se realizaron pruebas en el laboratorio para después pasar a realizar las pruebas en vehículo en el exterior. Se trataba de un día de poco viento, propicio para la realización de pruebas de testeo del conjunto.

8.2.1.- Prueba de estabilidad de resultados

La primera prueba se realizó en el laboratorio y consistió en comprobar que los niveles que el PIC envía como respuesta permanecen estables y correctos en una situación de reposo o sin viento.

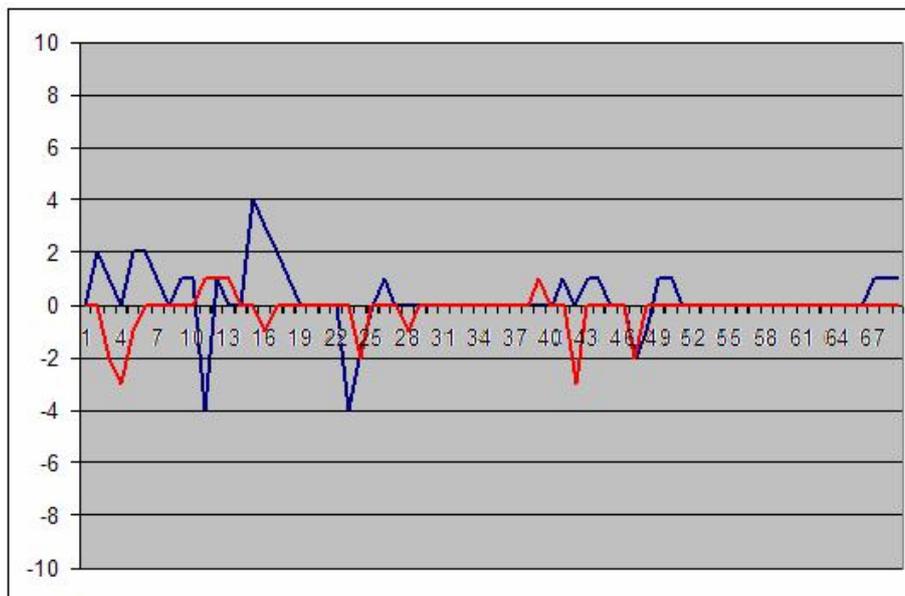


Ilustración 70: Décimas de μ s de diferencia para ambas direcciones

En esta primera figura se puede ver las muestras correspondientes a las diferencias de tiempo, partido por dos, entre los dos sentidos de ambas direcciones, la **01 en rojo** y la **23 en azul**. Este resultado está dado en **décimas de microsegundo**. Nos viene a decir que los resultados son muy estables, estando normalmente por debajo de **medio microsegundo** de diferencia con respecto a cero. Por eso, esos valores por debajo de ese nivel no tienen que ser tenidos en cuenta a la hora de los cálculos de resultados.

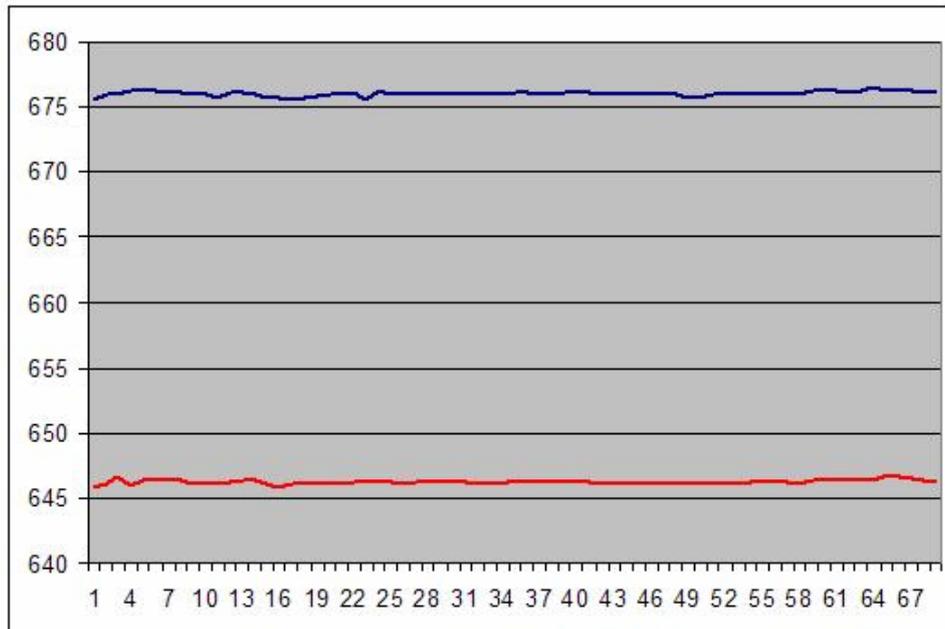


Ilustración 71: Medias de ambas direcciones en μ s

En la figura se muestran los valores correspondientes a las medias en las dos direcciones, en microsegundos, de nuevo la **01 en rojo** y la **23 en azul**. En ambos casos, los valores están y permanecen en torno al mismo microsegundo.

Los valores resultados son bastante estables en sus niveles. La diferencia entre ambos está en que los sensores en las dos direcciones no están igualmente separados. En la dirección 01 se encuentran a 19,4 cm mientras que en la 23 están a 20,4 cm. Esto no interfiere a su funcionamiento normal pero es la causa de esta disparidad de resultados.

8.2.2.- Prueba de aceleración-deceleración

Se quiere ver como responde el anemómetro ante distintas situaciones, colocado encima del coche en funcionamiento. La idea de este primer test es ver como la velocidad se incrementa o se decrementa en los momentos en los que la aceleración del coche es distinta de cero.

En la siguiente figura se muestra el resultado en una prueba de aceleración-deceleración en la que se muestra el resultado de la velocidad estimada en m/s.

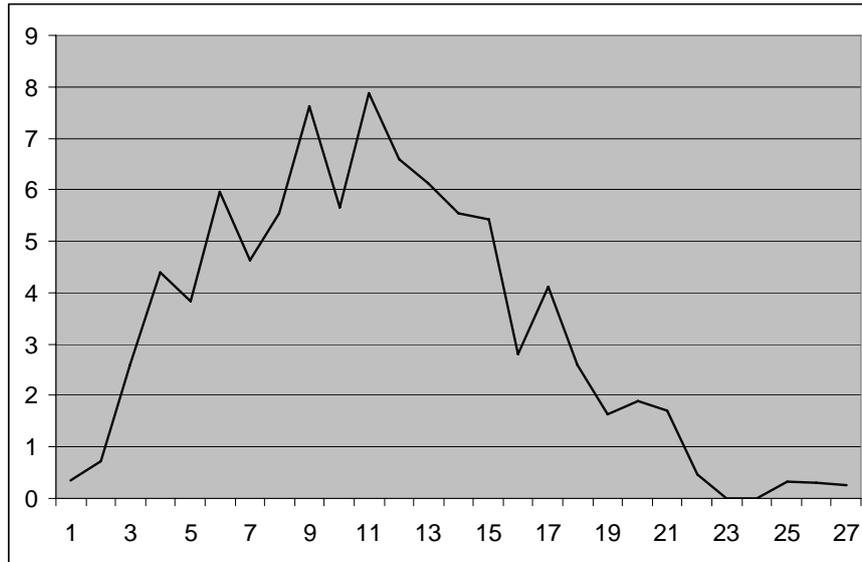


Ilustración 72: Prueba de aceleración-deceleración

Se observa que responde tanto a la subida como a la bajada de velocidad, pero que sería apropiado aplicar un filtrado para suavizar esa subida y bajada como se propone en el apartado de posibles mejoras del proyecto.

Los datos capturados en esa prueba están expuestos en la tabla siguiente:

dif01	dif23	Velocidad (m/s)
0	6	0,345
4	12	0,727
24	38	2,584
45	62	4,405
45	49	3,825
48	92	5,967
29	75	4,624
56	26	5,55
41	126	7,619
32	93	5,655
58	124	7,871
61	97	6,589
103	27	6,123
81	52	5,535
99	83	5,428
34	35	2,806
63	34	4,116
41	19	2,598
22	18	1,634
32	7	1,884
22	20	1,71

8.2.3.- Prueba de ángulos

En este caso se trataba de ver como la medida del ángulo permanece en valores cercanos a lo largo de la prueba. En el laboratorio se probó el funcionamiento en distintas direcciones con un buen resultado y se aprovechó la salida al exterior para probarlo en condiciones diferentes al laboratorio, y durante un periodo de tiempo donde se obtuvieran bastantes muestras. Los resultados se muestran a continuación:

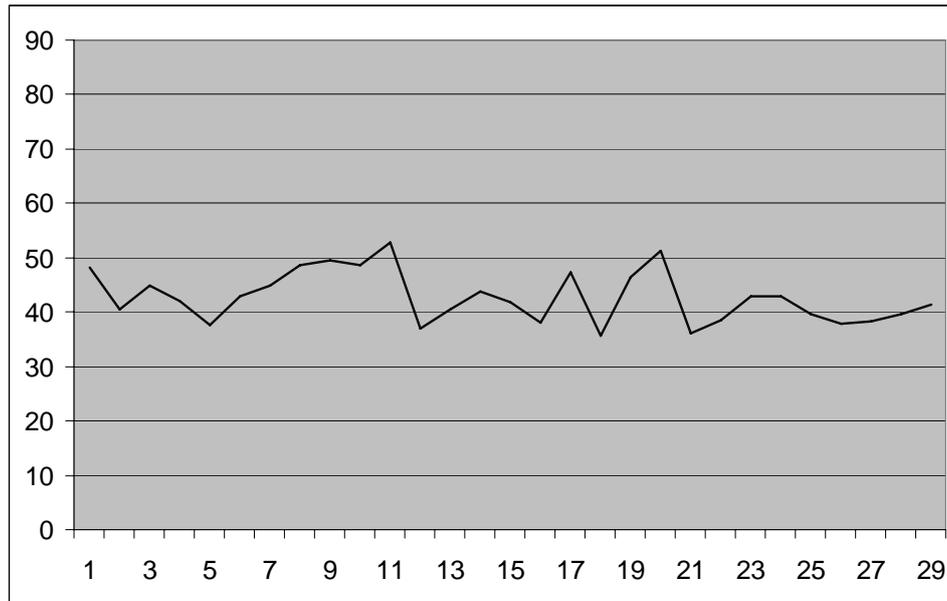


Ilustración 73: Medida de ángulo

Estos resultados están en función de la posición en la que se colocó el anemómetro prototipo sobre el coche en ese momento, por motivos de seguridad y por colocarlo en una posición en la que fuera sencillo su anclaje al vehículo. Se colocó de tal forma que en la posición delantera se encontraban el sensor 1 a la izquierda (siempre según movimiento) y el 2 a la derecha. Los sensores de detrás eran por lo tanto el 0 a la derecha y el 3 al lado izquierdo, como indica el dibujo.

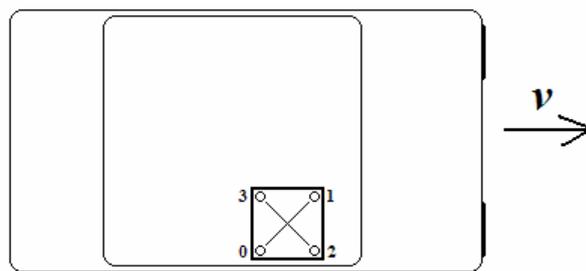


Ilustración 74: Colocación en el coche

El sentido del movimiento del automóvil hace pensar que el resultado tiene que rondar los 45°, ya que debe asociar el sensor 0 con los 0° y el 3 con los 90°. Los resultados de esta prueba parecen bastante satisfactorios ya que la diferencia con respecto a 45° no supera nunca los 10°.

8.2.4.- Niveles medios constantes

Una de las cosas que se quiere comprobar es que el valor de tiempo medio de los dos sentidos de una dirección tiene que ser un valor aproximadamente constante en funcionamiento normal. En el laboratorio se comprobó que esos niveles eran bastante constantes y se mantenían a lo largo del tiempo. Por eso, resulta interesante comprobar si ese nivel medio sigue con esa tendencia a permanecer casi constante o en cambio su valor cambia frecuentemente, sin mantener esa constancia necesaria.

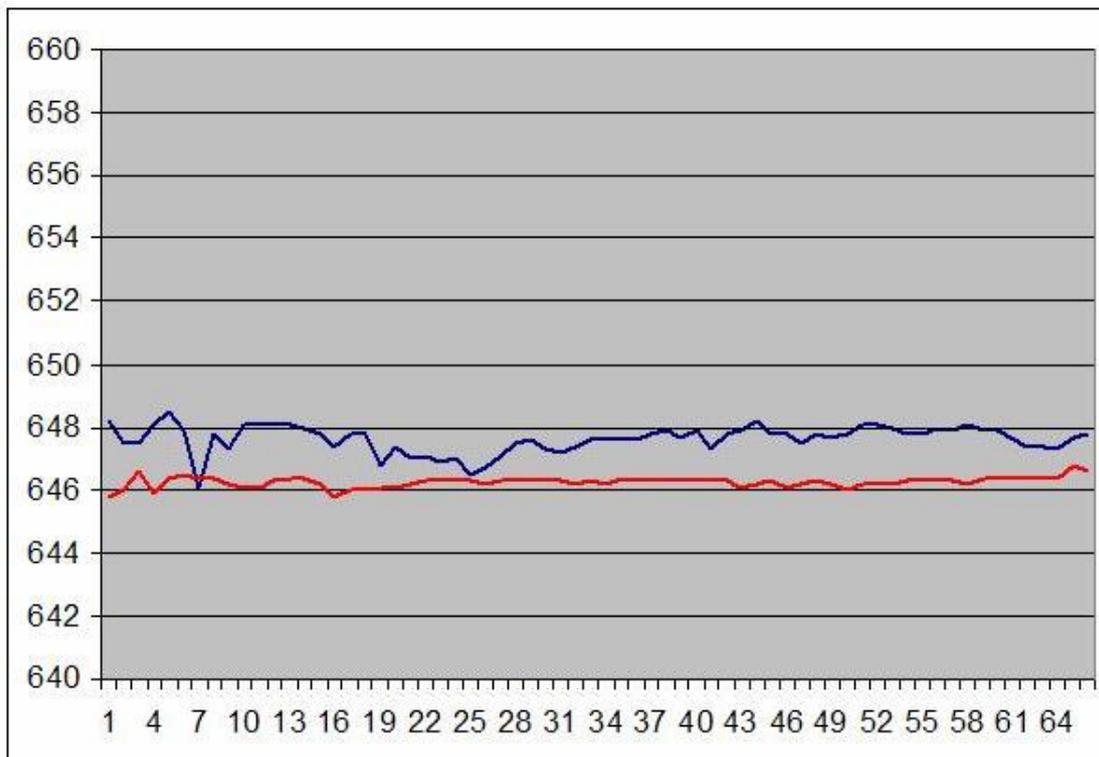


Ilustración 75: Comparación del nivel medio en la dirección 01 en el interior y en el exterior

En la figura se compara el resultado en el exterior con el que se obtuvo anteriormente en el laboratorio. Parece que su nivel no se desvía mucho de los 648 μ s y permanece rondando ese tiempo sin dar demasiados saltos, aunque no tiene un nivel tan claro como en el laboratorio, donde permanece un poco por encima de los 646 μ s.

La diferencia entre ambos niveles medios viene dada porque en el exterior la temperatura no coincide con la que hay dentro, y era de suponer que saliera mayor ya que se tenía una temperatura inferior, y en esta circunstancia se tarda más en recorrer la distancia debido al descenso de la velocidad. Por eso, se quiere que este nivel medio sea lo más estable posible en funcionamiento para poder obtener así también la medida de la temperatura.

8.3.- Código fuente

El código C correspondiente también se adjunta al proyecto. Está compuesto por 3 archivos:

- **Archivo .c principal:** en él se encuentran las tareas a realizar por el microcontrolador, las variables del programa y la rutina de interrupción
- **Archivo .h principal:** declaración de dispositivos y librerías incluidas, de características de reloj y de comunicación serie, así como definición de los pines usados como propósito general
- **Archivo de constantes del programa:** declaración de distintas constantes que se usan en el programa para un manejo más sencillo en caso de necesidad de cambios

Su funcionamiento sigue el siguiente diagrama de flujo:

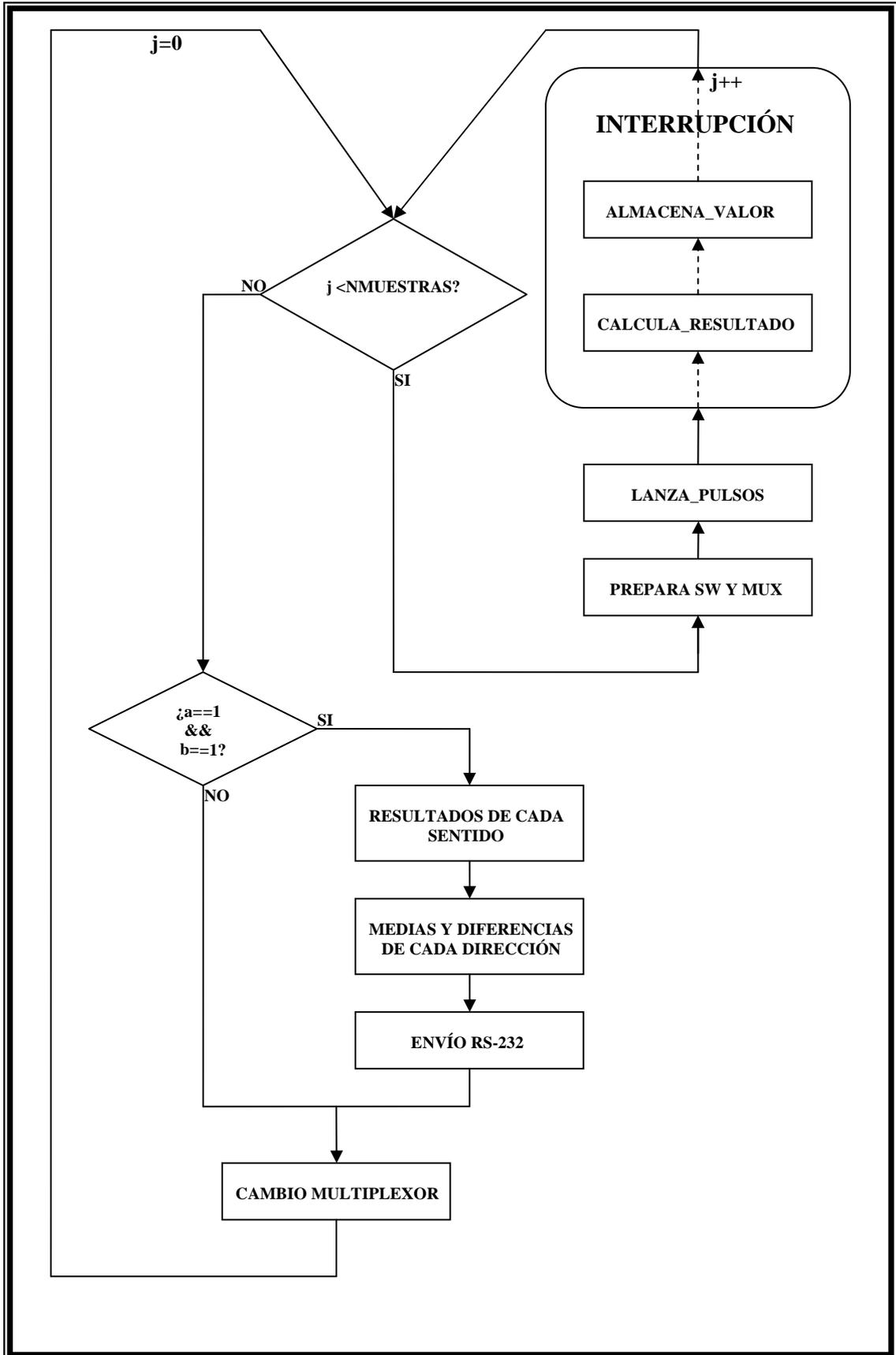


Ilustración 76: Diagrama de flujo del programa

8.4.- LabView. Representación de resultados

Para la tarea de representar los resultados para su visualización se utiliza el programa LabView. Se trata de una potente herramienta para el tratamiento y la visualización de resultados.

La pantalla de visualización final es la siguiente, donde se reflejan las medidas realizadas y los resultados finales buscados:

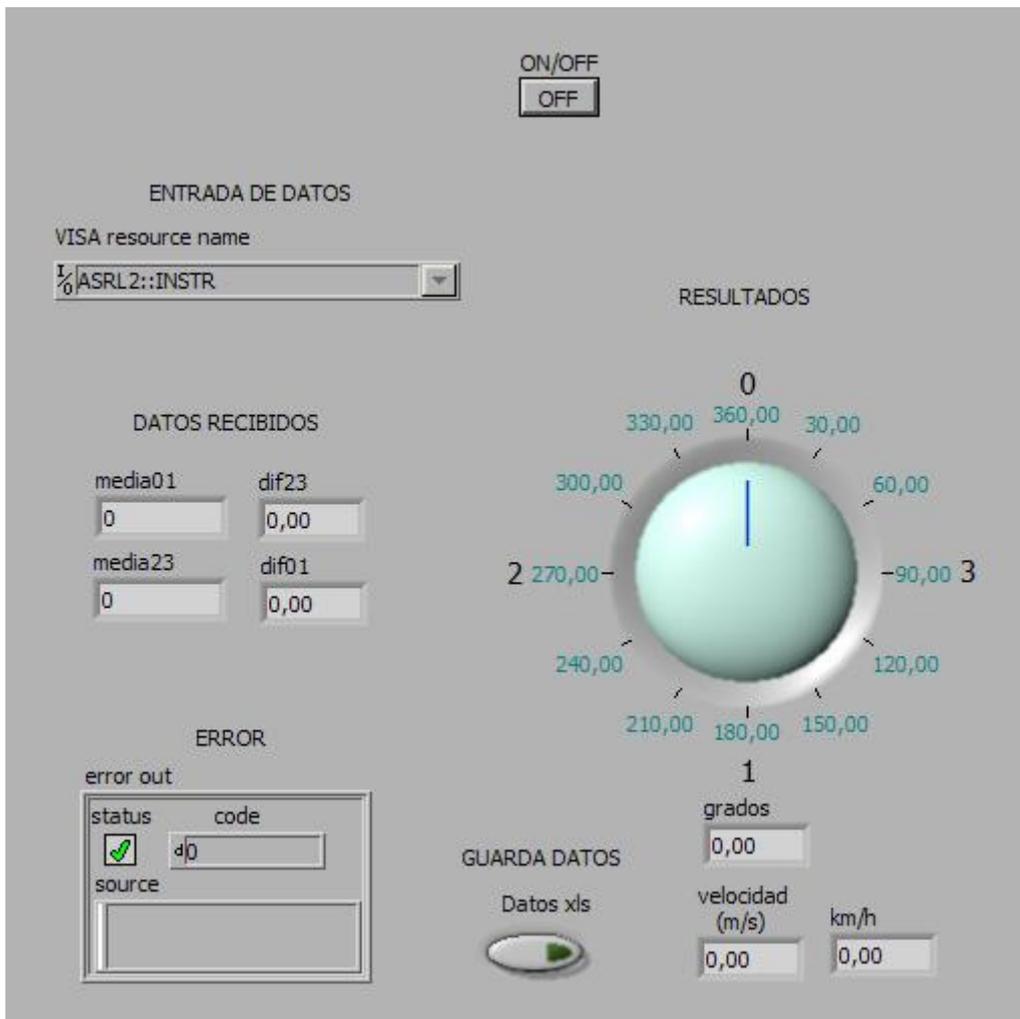


Ilustración 77: Pantalla de visualización de datos y resultados

Las distintas partes que componen la pantalla son la correspondiente a la adquisición de datos (a la izquierda) y la que expone los resultados tras el tratamiento de los datos recibidos (parte de la derecha).

La primera de ellas está compuesta por la selección del recurso usado como entrada de datos y la exposición de los datos recibidos y los posibles mensajes de error en recepción. En cuanto a la exposición de resultados se tienen mostradas tanto la dirección, como la velocidad estimada. La dirección del viento viene expresada en función de la colocación de los sensores cada 90°. Se indica también el valor de ese ángulo estimado en grados. La velocidad estimada por su parte se ofrece tanto en m/s como en km/h.

En la siguiente figura se muestra el conjunto de operaciones que realiza el programa LabView sobre los datos recibidos:

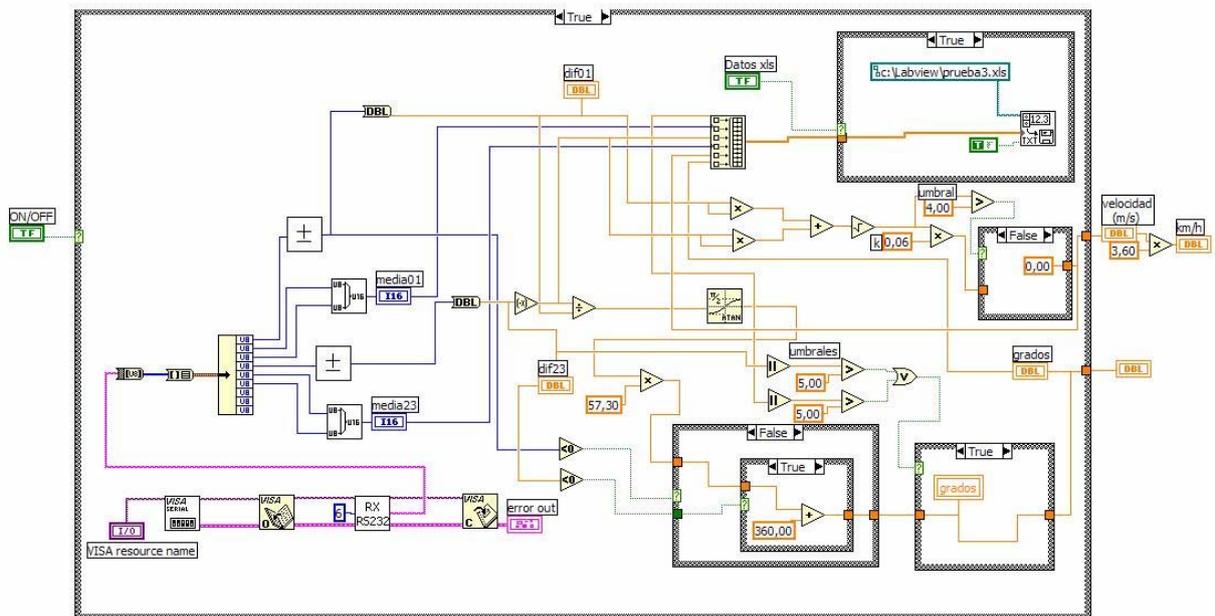


Ilustración 78: Esquema LabView completo

Las partes más destacadas son las siguientes:

Recepción de los datos

Se tiene en la figura la cadena de recepción donde los datos procedentes del PIC se reparten desvían y adaptan al formato querido para ser entendidos y poder ser usados. Forman parte de esta cadena el nombre del recurso usado, el indicador del número de bytes esperados y el indicador de error.

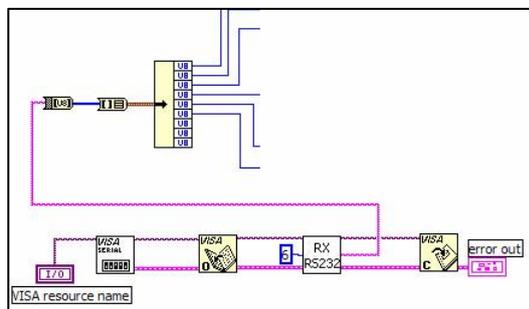


Ilustración 79: Recepción de datos

Convertor unsigned byte a unsigned long

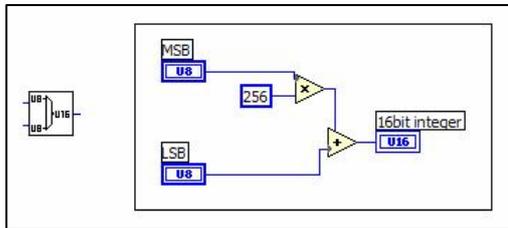


Ilustración 80: Convertor a unsigned long

Como los datos tienen que ser enviados byte a byte se necesita de un bloque que pueda unir dos de ellos para formar un dato de 16 bits como son las medias de tiempo. Para ello usamos este módulo que a su salida ofrece el valor entero compuesto por los dos bytes de entrada.

Almacenamiento de datos

Los datos después de ser procesados pueden ser almacenados en fichero xls. Se tendrá un interruptor que habilite su almacenamiento. Así se podrán recoger los resultados finales tras un experimento para su posterior tratamiento.

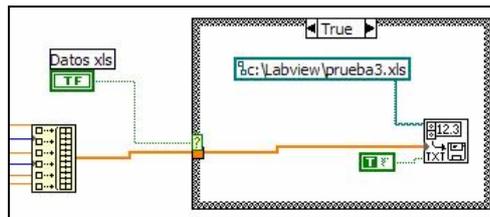


Ilustración 81: Almacenamiento de datos

Cálculo de la velocidad

El cálculo de la velocidad se realiza de la forma indicada en la figura, tomando los datos que envía el PIC. Se observa como se utiliza esa constante k calculada con anterioridad y que el resultado se expone sólo cuando se sobrepasa un umbral de tiempo. En caso contrario la velocidad resultado sería 0.

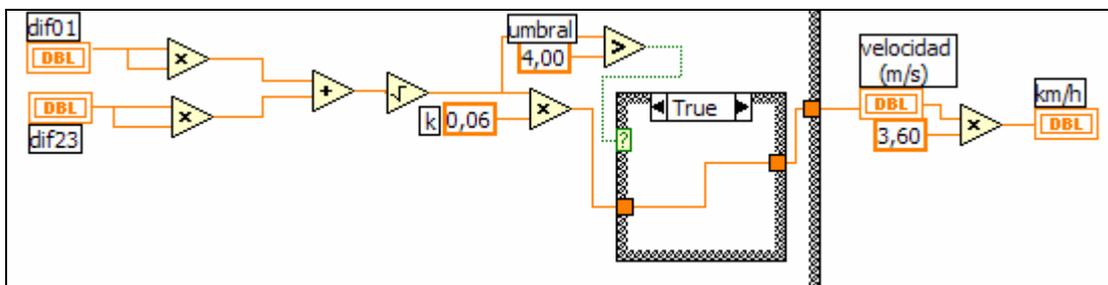


Ilustración 82: Cálculo de la velocidad

Cálculo del ángulo

Para realizar este cálculo se tenía que hacer lo siguiente:

$$\Phi = \arctg \frac{\Delta_{32}}{\Delta_{01}} = \arctg \frac{-\Delta_{23}}{\Delta_{01}} \quad \text{Cálculo del ángulo según } \Delta_{01} \text{ y } \Delta_{23}$$

Como el ángulo devuelto no cubre el rango completo de 0-360° se tiene que hacer la siguiente operación para su ajuste:

```
if(Δ01<0)
    Φ=Φ+180;
else if(Δ32<0)
    Φ=Φ+360;
```

Todo esto se realiza en esta parte del programa:

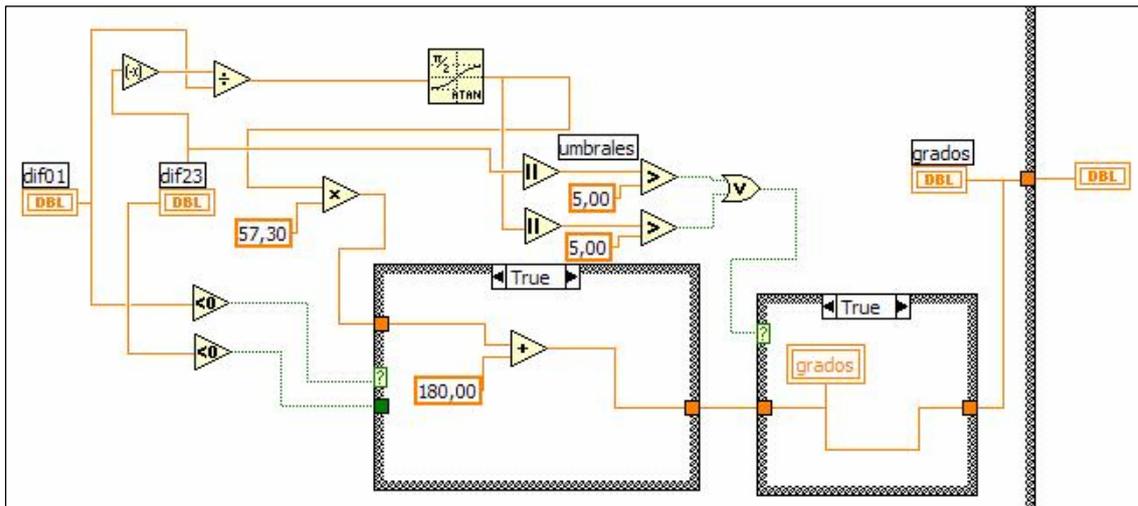


Ilustración 83: Cálculo del ángulo

Se observa que existen también umbrales para realizar la medición, evitando las pequeñas oscilaciones que puede haber en reposo. Existe también la variable **grados** para que en caso de bajo viento (por debajo de los umbrales de medición) se conserve en el indicador de dirección la última medida en lugar de bajar a 0°.

8.5.- Comparativa de precios

En la tabla se recogen los datos correspondientes a los elementos más destacados del anemómetro. El resto de elementos no deben incrementar demasiado el precio final. Se trata de precios de compra de al menos 1000 elementos.

Elemento	Unidades	Precio unitario	Precio unitario €	Total €
Transceptores				
Prowave 400EP250	1	3,15 GBP	4,6	4,6
Microcontrolador				
PIC18F458	1	4,99 €	4,99	4,99
Amplificador				
INA166	1	5,95 \$	4,54	4,54
Amplificador				
INA331	1	1,10 \$	0,84	0,84
Amplificador				
Philips NE5532	1	0,10 \$	0,08	0,08
Multiplexor				
CD4052B	2	0,26 \$	0,2	0,4
Switch				
SN74LVC2G66	8	0,18 \$	0,14	1,12
RS-232				
MAX232	1	0,48 \$	0,37	0,37
			TOTAL	16,94

Se ha usado el factor de conversión que se muestra en la siguiente tabla:

Conversión	
1 GBP	1,46 €
1 €	1,31 \$

El precio total, sumando el correspondiente a los elementos electrónicos discretos como resistencias, condensadores, bobinas y diodos así como elementos de conexión con los sensores y con el equipo PC no debe ser mucho mayor. De esta forma por unos **20 €** se puede conseguir una captación de las medidas de una forma más económica que con los equipos comerciales que se ofrecen en catálogos de fabricante, cuyo precio no baja de los 100 €.

8.6.- Conclusiones

A la conclusión del proyecto se puede decir que el resultado es bastante satisfactorio. Se tienen buenos resultados en el laboratorio y al salir al exterior estos buenos resultados no se modifican demasiado. Si bien se trata solamente de un primer prototipo los resultados se pueden considerar satisfactorios.



Ilustración 84: Montaje final

En la figura se muestra el montaje final del anemómetro prototipo realizado, montaje con el cual se han obtenido los resultados expuestos anteriormente.

Es de esperar que en futuras versiones donde se cuente con un montaje mejor se obtengan mejores resultados y se puedan realizar más funciones como la medición de la temperatura, como se explicará en el apartado de posibles mejoras.

También se ha visto que sería muy útil tener un instrumento con el que comparar la medición realizada. De esta forma se podría ver hasta que punto es cierta esa medición y se podría realizar algún ajuste en los cálculos en caso de que existan diferencias.