

The background of the page features a large, semi-transparent watermark of the logo of the Universidad Tecnológica de Carriagena. The logo is circular, with a red outer ring containing the text 'UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARRIAGENA' in white. Inside the ring is a yellow eight-pointed star. At the center of the star is a shield divided into four quadrants: top-left shows a yellow tower on a red background; top-right shows a yellow lion on a white background; bottom-left shows a yellow lion on a white background; bottom-right shows a yellow tower on a red background. Below the shield is a red banner with the text 'ANNO MCMXXIII'. At the bottom of the logo, the text 'Fechos Allend Mar' is written in a stylized font, flanked by two yellow sun-like symbols.

**DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA  
LA ADQUISICIÓN DE DATOS  
CLIMÁTICOS EN UN INVERNADERO  
UTILIZANDO LABVIEW**

**Título del Proyecto:** Desarrollo de un sistema para la adquisición de datos climáticos en un invernadero utilizando LABVIEW

**Autor:** *Saúl Vázquez López*

**Directores:** *José Miguel Molina Martínez, Bernardo Martín Górriz*

A todas las personas que me han ayudado durante este tiempo.

A los Directores del Proyecto, por su paciencia y ayuda.

A mis amigos, Javi, Carlos y Raúl, y a Merce y Alex por hacer agradable todo este periodo.

Y muy en especial, a mis familiares, los que están y los que siempre han estado presentes, por todo lo que siempre he recibido de ellos.

Y como no... a María.

## Indice General

<b>Indice General.....</b>	<b>3</b>
<b>Capitulo I.- Objetivos .....</b>	<b>8</b>
<b>Capitulo II.- Antecedentes .....</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo III.- Introducción al clima en invernadero .....</b>	<b>13</b>
3.1.- Introducción .....	13
3.2.- Variables climáticas que condicionan los cultivos en invernadero .....	13
3.2.1.- Temperatura del aire.....	14
3.2.2.- Humedad del aire.....	15
3.2.3.- Ventilación .....	16
3.2.4.- Radiación.....	17
3.3.- Introducción al control climático de invernaderos.....	18
<b>Capitulo IV.- Hardware: Sensores y DAQ empleados en la maqueta .....</b>	<b>20</b>
4.1.- Introducción a los sistemas de adquisición de datos.....	20
4.2.- Transductores.....	21
4.2.1.- Clasificación de los transductores empleados .....	22
4.2.2.- Transductor de velocidad del viento (anemómetro).....	22
4.2.3.- Transductor de Radiación solar global (fotopila).....	24
4.2.4.- Transductor de temperatura y humedad relativa del aire .....	26
4.2.5.- Transductor de radiación neta (pirradiómetro).....	29
4.3.- DAQ.....	30
4.3.1.- Bloque de acondicionamiento de señal SC-2345 .....	30
4.3.2.- La tarjeta de adquisición de datos PCI 6221 (DAQ).....	34
4.4.- PC.....	37
<b>Capitulo V.- LabVIEW como lenguaje de programación .....</b>	<b>39</b>
5.1.- Introducción .....	39
5.2.- VIs (Instrumentos Virtuales) de LabVIEW .....	40
5.3.- Entorno de trabajo de Labview .....	41
5.3.1.- El Panel Frontal .....	41
5.3.2.- El diagrama de bloques.....	42
5.3.3.- Las Paletas .....	42
<b>Capitulo VI.- Sinóptico .....</b>	<b>45</b>

6.1.- Introducción .....	45
6.2.- Desarrollo del sinóptico aplicativo .....	45
6.2.1.- Configuración del software de NI-DAQmx .....	45
6.2.2.- Instrumentos Virtuales.....	49
6.2.3.- Estructuras y elementos de programación.....	63
6.2.4.- Otros elementos de programación .....	71
6.3.- Funcionamiento de la aplicación .....	73
<b>Capitulo VII.- Comprobación y verificación de equipos y software .....</b>	<b>75</b>
7.1.- Introducción .....	75
7.2.- Exportación de datos obtenidos .....	75
7.2.1.- Descripción de los elementos en el diagrama de bloques .....	76
7.2.2.- Datos generados por la aplicación.....	78
7.3.- Analisis de los datos obtenidos.....	80
7.4.- Acceso vía Web a la aplicación .....	85
<b>Capitulo VIII.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>Capitulo IX.- BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO I: Especificaciones Técnicas del Hardware.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO II: Datos tomados por la aplicación .....</b>	<b>98</b>

### INDICE DE FOTOS

Foto 1.- Maqueta en el interior del laboratorio del Departamento de Ingeniería de los alimentos y del equipamiento agrícola de la UPCT.....	9
Foto 2.- Maqueta del invernadero.....	9
Foto 3.- Puerta principal del cuadro de control anterior al proyecto.....	10
Foto 4.- Conexionado trasero de la puerta principal del cuadro eléctrico anterior al proyecto. ....	10
Foto 5.- Parte interior del cuadro eléctrico-anterior al proyecto.....	11
Foto 6.- Iluminación interior del invernadero. ....	11
Foto 7.- Ventilador del interior del invernadero.....	12
Foto 8.- Ciclo de entradas, salidas y perturbaciones en un invernadero .....	23
Foto 9.- Conexión del cableado del anemómetro al Bloque de conectores.....	33
Foto 10.- Foto del PC utilizado .....	37
Foto 11.- Bloque de acondicionamiento.....	46

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ciclo de entradas, salidas y perturbaciones en un invernadero .....	18
Figura 2.- Esquema de bloques de un sistema de adquisición de datos .....	20
Figura 3.- Imagen del sensor fotopila.....	24
Figura 4.- Sensor de temperatura y humedad del aire .....	26
Figura 5.- Esquema de un puente wheastone .....	28
Figura 6.-Imagen del sensor de radiación neta.....	29
Figura 7.- Bloque de acondicionamiento de señal y módulos de acondicionamiento....	31
Figura 8.- Imagen del interior del bloque de acondicionamiento.....	31
Figura 9.- Ciclo de entradas, salidas y perturbaciones en un invernadero .....	34
Figura 10.- Panel frontal de la aplicación.....	41
Figura 11.- Diagrama de bloques de la aplicación .....	42
Figura 12.- Paleta de controles para el panel frontal .....	43
Figura 13.- Paleta de herramientas .....	43
Figura 14.- Paleta de funciones para la creación del diagrama de bloques.....	44
Figura 15.- Configuración de los modulos SCC en el DAQ .....	46
Figura 16.- Configuración del módulo SCC1Mod1 .....	47
Figura 17.- Configuración del módulo SCC1Mod3 .....	48
Figura 18.- Configuración del módulo SCC1Mod6.....	48
Figura 19.- Diagrama de bloques del VI temperatura exterior.....	49
Figura 20.- Configuración del voltaje del VI temperatura exterior.....	50
Figura 21.- Canal del VI temperatura exterior .....	50
Figura 22.- Representación del VI temperatura exterior en el panel frontal.....	51
Figura 23.- Canal del VI temperatura interior .....	52
Figura 24.- Diagrama de bloques del VI HR exterior .....	52
Figura 25.- Configuración del voltaje del VI HR exterior .....	53
Figura 26.- Canal del VI temperatura interior .....	54
Figura 27.- Representación del VI HR exterior en el panel frontal.....	55
Figura 28.- Canal del VI HR interior.....	55
Figura 29.- Diagrama de bloques del VI Radiación Global Solar.....	56
Figura 30.- Configuración del voltaje del VI Radiación global solar .....	56
Figura 31.- Canal del VI Radiación Global Solar .....	57
Figura 32.- Representación del VI Radiación Global Solar en el panel frontal .....	57

Figura 33.- Diagrama de bloques del VI Radiación Neta.....	58
Figura 34.- Configuración del voltaje del VI Radiación Neta.....	58
Figura 35.- Canal del VI Radiación Neta .....	59
Figura 36.- Representación del VI Radiación Neta en el panel frontal.....	59
Figura 37.- Diagrama de bloques del VI Anemometro .....	60
Figura 38.- Configuración del voltaje del VI Anemometro .....	60
Figura 39.- Canal del VI Anemometro.....	61
Figura 40.- Representación del VI Radiación Neta en el panel frontal.....	62
Figura 41.- Diagrama de bloques del VI webcam.....	62
Figura 42.- Imagen de la webcam tomada del panel frontal .....	63
Figura 43.- Configuración de la estructura While Loop con condicionante Stop if true	64
Figura 44.- Ciclo While Loop para recoger 100 muestras .....	65
Figura 45.- Ciclo While Loop general.....	66
Figura 46.- Ciclo While Loop de la webcam.....	67
Figura 47.- Ciclo While Loop del reloj y la fecha.....	67
Figura 48.- Ciclo While Loop general Incluyendo reloj y fecha.....	68
Figura 49.- Ciclo flat sequence.....	69
Figura 50.- Estructura Case Trae/False en la opción False .....	70
Figura 51.- Estructura Case Trae/False en la opción True .....	71
Figura 52.- Panel frontal en la pagina de historico.....	72
Figura 53.- Diagrama de bloques del VI para exportación de datos. ....	76
Figura 54.- Configuración del express VI para el almacenamiento de datos.....	77
Figura 55.- Diagrama de bloques para el almacenamiento de datos .....	78
Figura 56.- Presentación de los datos almacenados en formato *.lvm.....	79
Figura 57.- Presentación de los datos almacenados en Excel.....	79
Figura 58.- Acceso al Web Publishing Tool .....	85
Figura 59.- Configuración de la publicación en Internet (1).....	86
Figura 60.- Configuración de la publicación en Internet (2).....	86

## INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1.- Respuesta espectral del piranómetro .....	25
Grafica 2.- Evolución diaria de la Temperatura Exterior .....	80
Grafica 3.- Evolución diaria de la Temperatura Interior .....	81
Grafica 4.- Comparativa de la evolución diaria de las temperaturas exterior e interior. 81	
Grafica 5.- Evolución diaria de la HR Exterior .....	82
Grafica 6.- Evolución diaria de la HR Exterior .....	82
Grafica 7.- Comparativa de la evolución diaria de las HR exterior e interior.....	82
Grafica 8.- Evolución diaria de la velocidad del viento .....	83
Grafica 9.- Evolución diaria de la Radiación Global.....	84
Grafica 10.- Evolución diaria de la Radiación Neta.....	84
Grafica 11.- Comparativa de la evolución diaria de las HR y Temperaturas.....	85

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Resumen de transductores y su acondicionamiento.....	36
Tabla 2.- Canales de las entradas analogicas.....	47

## **Capítulo I.- Objetivos**

Este proyecto tiene como objetivo la instalación y puesta en marcha de un sistema informático de adquisición de datos, para estudiar la interrelación entre las variables climáticas dentro de un invernadero.

Los datos han sido obtenidos a partir de sensores climáticos instalados en una maqueta de invernadero ubicada en el Departamento de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola de la UPCT. Esta maqueta ha sido concebida como herramienta para el desarrollo docente del mismo departamento citado.

Los datos tomados por los sensores pasan a formar parte de un entorno informático que nos permite el análisis y comprensión, así como una gestión eficiente de los mismos. La aplicación informática a desarrollar debe permitir que un usuario de la misma, tenga información en tiempo real del clima del invernadero. Además será necesario que la aplicación tenga un funcionamiento fácil e intuitivo, no siendo necesaria una formación previa para el manejo de la misma.



## Capítulo II.- Antecedentes

La maqueta de invernadero se encuentra instalada en el laboratorio del Departamento de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola de la UPCT. (Foto. 1)



**Foto 1.- Maqueta en el interior del laboratorio del Departamento de Ingeniería de los alimentos y del equipamiento agrícola de la UPCT.**

En el momento en el que se inició este proyecto, estaba recién acabada la fase constructiva de la maqueta de invernadero. No poseía ningún sensor y constaba de una estructura metálica (ver foto 1) sobre la cual se habían colocado láminas de polietileno transparente ondulado. Estaba dotada de una puerta lateral para el acceso al interior de la maqueta, así como un sistema de elevación del techado para permitir su correcta ventilación. La base donde se preveía situar el cultivo se construyó elevada respecto al nivel del suelo del laboratorio con el objeto de facilitar su acceso.



**Foto 2.- Maqueta del invernadero.**

Igualmente, la maqueta estaba provista de una serie de instalaciones eléctricas de un sistema de control de apertura cenital de forma automática y manual. (Ver foto 3, 4 y 5).



**Foto 3.- Puerta principal del cuadro de control anterior al proyecto.**



**Foto 4.- Conexionado trasero de la puerta principal del cuadro eléctrico anterior al proyecto.**



**Foto 5.- Parte interior del cuadro eléctrico-anterior al proyecto.**

Como se ha explicado anteriormente, la maqueta está situada en las dependencias de la UPCT, en un recinto cerrado. Por tanto existen ciertas variables del clima que para que sean medidas es necesario que sean simuladas, como es el caso de la radiación incidente en el invernadero y de la velocidad del viento.

Así, para simular la radiación, la maqueta estaba provista inicialmente de una bombilla de filamento incandescente de 100 W. (Foto 6).



**Foto 6.- Iluminación interior del invernadero.**

Para el caso de la velocidad del viento, inicialmente la maqueta tenía instalado un ventilador el cual permitía generar la acción del viento. (Ver foto 7).



**Foto 7.- Ventilador del interior del invernadero**

## **Capítulo III.- Introducción al clima en invernadero**

### **3.1.- Introducción**

Un invernadero es un sistema que nos permite obtener condiciones climáticas óptimas, ya que se trata de un entorno cerrado. La ventaja del sistema de invernadero sobre el método tradicional a cielo abierto, es que, bajo invernadero, se establece una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo. Esta barrera limita un microclima que permite proteger y controlar el cultivo.

El principal objetivo del cultivo bajo invernadero consiste en maximizar los beneficios del agricultor para obtener un desarrollo sostenible del mismo. Para esto, es necesario obtener las condiciones climáticas óptimas de crecimiento y desarrollo del cultivo. Estas condiciones vienen determinadas por las propias exigencias de los cultivos. En el exterior, al aire libre, estas exigencias no son satisfechas por el entorno, ya que, las condiciones climáticas son variables. Una forma de reducir esta variabilidad climática es el uso de Invernaderos.

¿Cuáles son las variables climáticas que condicionan los cultivos? ¿Cómo podemos medirlas y cuantificarlas? ¿Se corresponderá nuestra medición con la realidad? A la primera de estas cuestiones se responde a continuación. El resto de preguntas son respondidas en los capítulos siguientes.

### **3.2.- Variables climáticas que condicionan los cultivos en invernadero**

El desarrollo de los cultivos, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado por variables climáticas. Generalmente las variables que se miden con más frecuencia dentro y fuera de un invernadero son la temperatura y la humedad del medio aéreo; otras variables de interés son la velocidad del viento y la concentración de CO<sub>2</sub>.

En cuanto a las variables características de la radiación, ya sea de longitud de onda larga o de longitud de onda corta, representan las componentes fundamentales del balance de energía del invernadero, y por consiguiente inciden de forma decisiva en la formación del clima interior. (González Real, M.M., Baille A., 2005).

Las variables que han sido elegidas para efectuar la adquisición de datos de este proyecto, han sido las siguientes:

- Temperatura del aire (interior y exterior)
- Humedad del aire (interior y exterior)
- Velocidad del viento (interior)
- Radiación Neta (interior)
- Radiación Global Solar (interior)

### **3.2.1.- Temperatura del aire**

Es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada. Asimismo se tienen que tener en cuenta los siguientes conceptos de temperaturas, que indican, los valores objetivos para el buen funcionamiento del cultivo así como sus limitaciones:

- Temperatura mínima letal. Aquella por debajo de la cual se producen daños en la planta.
- Temperaturas máximas y mínimas biológicas. Indican valores, por encima o por debajo respectivamente del cual, no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación, etc.
- Temperaturas nocturnas y diurnas. Indican los valores aconsejados para un correcto desarrollo de la planta.

La temperatura en el interior del invernadero, va a estar en función de la radiación solar, comprendida en una banda entre 200 y 4000 nm de longitud de onda.

La misión principal del invernadero será la de acumular calor durante las épocas invernales. El calentamiento del invernadero se produce cuando el infrarrojo largo, procedente de la radiación que pasa a través del material de cubierta, se transforma en calor. Esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y

el suelo. Como consecuencia de esta absorción, éstos emiten radiación de longitud más larga que tras pasar por el obstáculo que representa la cubierta, se emite radiación hacia el exterior y hacia el interior, calentando el invernadero. El calor se transmite en el interior del invernadero por irradiación, conducción, infiltración y por convección. La conducción es producida por el movimiento de calor a través de los materiales de cubierta del invernadero. La convección tiene lugar por el movimiento del calor por las plantas, el suelo y la estructura del invernadero. La infiltración se debe al intercambio de calor del interior del invernadero y el aire frío del exterior a través de las juntas de la estructura. La radiación, por el movimiento del calor a través del espacio transparente. (Díaz, J.R.; Pérez, J. 1994)

### **3.2.2.- Humedad del aire**

La humedad es la masa de agua por unidad de volumen o masa de aire. La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura.

Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad por lo que a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la HR. Con temperaturas bajas, el contenido en HR aumenta para la misma cantidad de agua.

Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para desarrollarse en perfectas condiciones: el tomate, el pimiento y la berenjena por ejemplo, se desarrollan mejor en una HR sobre el 50-60%; el melón, entre el 60-70%; el calabacín, entre el 65-80% y el pepino entre el 70-90%. (Alpi, A.; Tognoni, F. 1999).

La HR del aire es una variable climática que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la HR es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades criptogámicas. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse.

### 3.2.3.- Ventilación

Un correcto movimiento de aire y una correcta ventilación en un cultivo influyen en el buen funcionamiento de la planta. Hay que tener en cuenta que toda acción sobre el nivel de ventilación modifica a la vez la concentración de CO<sub>2</sub>, la temperatura y la humedad del aire del invernadero (González Real, M.M.; Baille A., 2005).

Efectos sobre la temperatura: La temperatura en el interior de un invernadero suele ser más elevada que la temperatura que hay en el exterior, por lo que al intercambiar aire a baja temperatura, por aire más caliente, conseguimos bajar la temperatura del invernadero. En caso de que se produzca "inversión térmica", es decir, que el aire del interior del invernadero esté más frío que el aire exterior, se produciría una subida de temperatura provocada por la ventilación. Este fenómeno último puede ocurrir en invierno, por lo que el uso de la ventilación será positivo, o en verano cuando tenemos vientos muy cálidos que traen aire muy caliente, que se va acumulando en el interior del invernadero. También se disminuye la temperatura del invernadero en ausencia de viento, es decir, sin renovar el aire de éste. El aire caliente al pesar menos que el aire frío, se concentra en la parte alta del invernadero, y sale por las ventilaciones cenitales, debido al "efecto chimenea". De todas formas con este último efecto, provocamos menor bajada de temperatura, que con el de renovación del aire.

Efectos sobre la humedad: En el interior del invernadero, la humedad absoluta es siempre superior a la de la exterior. Esto es debido a que en el interior del invernadero existe una gran densidad de plantas, que debido a la transpiración, elevan la humedad absoluta del interior. Es por esto, que al ventilar, cambiamos aire con más vapor de agua por aire con menos vapor de agua. Es decir, con la ventilación provocamos una disminución de la humedad dentro de un invernadero, con el menor riesgo de enfermedades para el cultivo.

Efectos sobre la concentración de CO<sub>2</sub>: La concentración de CO<sub>2</sub> en el exterior se mantiene más o menos constante alrededor de 300-350 ppm (Lorenzo, P.; Sánchez-Guerrero, M.C.; Medrano, E.; Pérez, J.; Maroto, C., 1997). En el interior del invernadero la concentración de CO<sub>2</sub> va variando a lo largo del día. Durante el día la planta realiza los procesos de fotosíntesis (en la que consume CO<sub>2</sub>) y respiración (en la que produce CO<sub>2</sub>).



Para comprender la variabilidad de la concentración de CO<sub>2</sub> podemos utilizar los conceptos de fuente y sumidero. (González Real, M.M.; Baille A., 2005).

#### **Acción como sumidero**

Durante la noche: La renovación del aire se produce a través de fugas, luego actúa como sumidero de CO<sub>2</sub> debido a la actividad de las plantas y de los microorganismos del suelo. La concentración de CO<sub>2</sub> alcanza valores superiores al exterior del invernadero.

Durante el día: La ventilación actúa como sumidero de CO<sub>2</sub> solamente cuando se aplica enriquecimiento carbónico con niveles de CO<sub>2</sub> con niveles superiores al exterior.

#### **Acción como fuente**

La ventilación es una fuente de CO<sub>2</sub> en el periodo del día en que no hay enriquecimiento carbónico. El consumo generado por la fotosíntesis de la plantación no es compensado con la ventilación o las fugas. Una tasa de ventilación pequeña induce niveles muy bajos de velocidad del aire dentro del invernadero y, por consiguiente, limita además el transporte de CO<sub>2</sub> desde el aire hasta las hojas.

### **3.2.4.- Radiación**

La radiación térmica ocupa una pequeña porción del espectro de ondas electromagnéticas (0,1-100 micrómetros). En esta gama del espectro podemos percibir la radiación bajo la forma de calor. Dentro de la radiación térmica, podemos distinguir la radiación solar y la radiación infrarroja larga, denominada también infrarrojo térmico.

Toda energía que incide sobre un cuerpo (ya sea de origen solar o de onda larga) puede ser reflejada, transmitida, y en parte absorbida. Es la energía absorbida la que contribuye a aumentar la temperatura de un cuerpo y es emitida, en parte, dentro de la gama de longitud de onda larga.

#### **La radiación global solar**

Es la que se recibe en la tierra desde los confines de la atmósfera, pero en ese paso por la atmósfera se atenúa, siendo la radiación recibida por la superficie terrestre función de las condiciones atmosféricas y de la altura angular del sol.

Debido a la presencia de gases y aerosoles, se produce la difusión de la radiación, adquiriendo la radiación solar dos componentes: una componente directa y una difusa.

**La radiación Neta**

Se conoce como radiación neta al balance del conjunto de intercambios por radiación de longitud de onda corta y de longitud de onda larga en una superficie. Podríamos definirla entonces como la diferencia entre la radiación total incidente y la radiación total emitida.



Figura 1.- Ciclo de entradas, salidas y perturbaciones en un invernadero

**3.3.- Introducción al control climático de invernaderos**

Actualmente, la investigación relacionada con el control climático de invernaderos, está vinculada a las nuevas tecnologías. La disponibilidad de herramientas informáticas que incorporen modelos que describan el funcionamiento de las componentes cultivo, clima y suelo-sustrato, puede permitir un control preciso de estas componentes. (González Real, M.M., Baille A., 2005).

Por otro lado, la ingeniería de control ha sufrido una evolución muy considerable, desde las estrategias convencionales o clásicas (control PID, cascada, etc.) hasta la aplicación de la inteligencia artificial al control (redes neuronales, algoritmos genéticos, etc.) pasando por técnicas avanzadas como el control predictivo basado en modelos (Seborg, 99). Estas técnicas se han aplicado en el control climático de invernaderos,

utilizando entre otros, algoritmos clásicos (Kamp, 96), control adaptativo (ten Cate, 83) o control óptimo (van Henten, 94; van Straten, 2000). También existen simuladores de cultivos de invernaderos elaborados con fines de docencia (Simulserre, INRA, Francia).

Para controlar un sistema es necesario modelizarlo. Por una parte, el diseño del sistema de control de un proceso requiere el conocimiento del comportamiento dinámico del mismo (Ollero, 97). Este modelo permite ajustar los parámetros del sistema de control (sintonizar) sin necesidad de realizar físicamente el controlador, pudiendo realizar las pruebas que sean necesarias, así como las modificaciones pertinentes simulando el sistema por computador.

Por otra parte, y una vez diseñado el controlador, en los algoritmos avanzados de control es necesario utilizar un modelo que vaya prediciendo el estado del sistema en un futuro para determinar la acción de control que se debe ejecutar (Camacho, 99). Actualmente, existen modelos climáticos validados para distintas estructuras de invernadero y distintos materiales de cerramiento, utilizando modelos matemáticos basados en principios físicos (Kindelán, 80; Bot, 83; ten Cate, 83; Wang; 2000), y modelos basados en datos experimentales o de caja negra (Seginer, 94; Rodríguez, 99b). De esta forma, se pueden utilizar modelos para simular y diseñar distintos controladores climáticos y modelos para que el controlador los utilice en tiempo real y pueda calcular las siguientes acciones de control.

Hay que subrayar el enfoque integrador y multidisciplinar de la investigación en el campo de control de invernaderos, se necesitan conocimientos de diferentes disciplinas, tanto físicas como agronómicas, además de automatismo y control (González Real, M.M., Baille A., 2005).

El proyecto del sistema desarrollado, está centrado en la base que permite obtener un control climático adecuado de los invernaderos, la adquisición climática. Sin una correcta adquisición es imposible desarrollar control. De esta forma se ha tratado de generar un sistema que aparte de adquirir datos, asiente una plataforma para poder desarrollar en el futuro el control sobre el invernadero.

## Capítulo IV.- Hardware: Sensores y DAQ empleados en la maqueta

### 4.1.- Introducción a los sistemas de adquisición de datos

El sistema de adquisición de datos (SAD) es el conjunto de elementos que utilizamos para obtener información de las variables climáticas de interés agronómico. Está compuesto de una serie de elementos básicos:

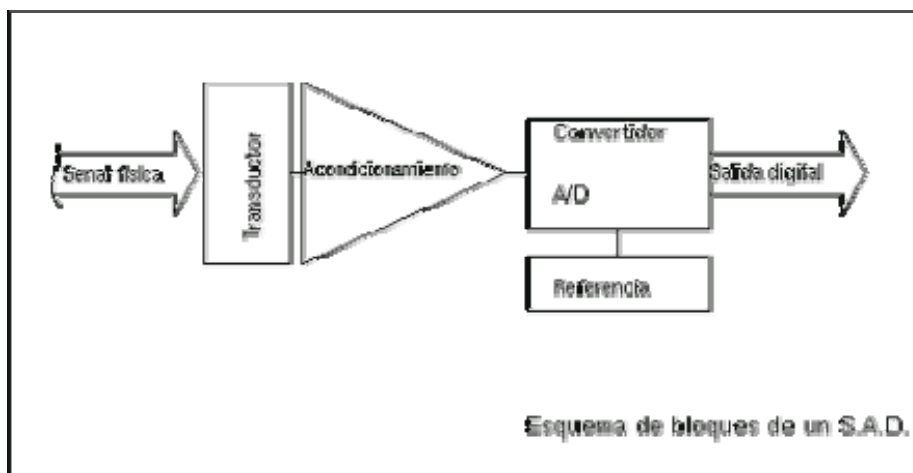


Figura 2.- Esquema de bloques de un sistema de adquisición de datos

Como vemos, los bloques principales son os:

- Los transductores (anemómetro, radiación neta, radiación global solar, HR y T<sup>a</sup> del aire) que convierten un fenómeno físico en una magnitud eléctrica.
- Los transmisores, con acondicionadores de señal, para aislar, filtrar, convertir y/o amplificar la señal. (Bloque acondicionador de señal SC-2345)
- El convertidor analógico-digital de 16 bit (Es un circuito integrado ubicado en la Tarjeta de adquisición de datos PCI 6221)
- Un sistema de tratamiento que realiza operaciones con los datos (información digital) con objeto de transformarlos en información útil. (PC, LabVIEW)

- Un sistema de representación cuyo objeto es comunicar los resultados al usuario (LabVIEW-Sinóptico)

## 4.2.-Transductores

A la hora de definir lo que es un transductor, nos encontramos cierta controversia en la Bibliografía consultada (ver Capítulo IX) ya que sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos.

Pallás Arenis, R., 2003, lo explica de la siguiente forma:

“Sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. Transductor sugiere que la señal de entrada y salida no deben ser homogéneas. Para el caso que lo fueran se propuso el caso de modificador, pero no ha encontrado aceptación. Utilizamos, la distinción entre transductor de entrada (señal física/señal eléctrica) y transductor de salida (señal eléctrica/presentación) utilizando el término sensor para referirnos a los transductores de entrada.”

En cambio Velasco Ballano, et. al., 1998 lo explica de esta otra:

“El transductor es el elemento que proporciona una señal de tipo eléctrico, pudiendo considerarse el sensor como parte integrante de él. En el caso de que la señal que proporcione no sea eléctrica, se le suele dar el nombre de captador. El transductor tiene por objeto transformar la señal, proporcionada por el sensor, en otra de tipo eléctrico, cuya medida y tratamiento resulten más fáciles. El transductor incluye al sensor como parte de él.”

Dada la disparidad de opiniones, en adelante, adoptaremos la denominación de sensor, para el elemento del transductor que en contacto directo con la señal física a medir, obtiene información de esta, convirtiendo la magnitud a medir en otra (eléctrica o no).

El transductor, por tanto lo definimos como el elemento que tiene por objeto transformar la señal, proporcionada por el sensor, en otra de tipo eléctrico, cuya medida y tratamiento resulten más fáciles.

### 4.2.1.- Clasificación de los transductores empleados

*Atendiendo a la forma de utilización de energía generada por la magnitud física a medir, iremos utilizando la denominación de transductor activo o pasivo.*

- Cuando por influencia directa de la magnitud física a medir, se genera una señal eléctrica intrínsecamente en el elemento sensor, en este caso, estamos ante un transductor activo; sensor y transductor forman un único elemento y no requieren de alimentación eléctrica exterior para la obtención de la señal eléctrica en sí.
- Si estamos ante un transductor pasivo, en su captación de información de una señal física, modifica alguna característica eléctrica (resistencia, capacidad...) pero no genera la señal eléctrica en sí; es requerida alimentación eléctrica exterior proporcional a la magnitud bajo prueba. Sensor y transductor no forman un mismo elemento.

También clasificamos el tipo de transductor *en función del tipo de señal emitida proporcionada en su salida:*

- Analógicos: Si la señal de salida es función proporcional a la magnitud física en todo el campo de actuación del dispositivo.
- Digitales: La señal de salida se presenta en forma de niveles discretos de tensión a los que se le asigna valores numéricos de acuerdo con un criterio preestablecido. Estas señales se obtienen en forma de trenes de pulsos.

A continuación se pasa a describir las principales características de los transductores utilizados:

### 4.2.2.- Transductor de velocidad del viento (anemómetro)

- Descripción genérica

Se ha utilizado un anemómetro modelo A100R.



**Foto 8.- Ciclo de entradas, salidas y perturbaciones en un invernadero**

El anemómetro A100R es un anemómetro (digital) con cazoletas dispuestas de forma simétrica respecto a eje vertical. Es un transductor pasivo, que proporciona un tren de pulsos a su salida.

El rotor se calibra en el UK National Physical Laboratory por comparación con uno calibrado, y se proporciona dicha calibración con cada instrumento. El anemómetro está construido en aleación de aluminio anodizado, acero inoxidable y de plástico resistente a la intemperie. El eje gira entre dos cojinetes de bolas resistentes a la corrosión. Los rodamientos están protegidos contra la entrada de las gotas de humedad y polvo, que hacen que el aparato pueda ser utilizado permanentemente en intemperie.

Hay que tener en cuenta el umbral de arranque del aparato ( $0.2 \text{ ms}^{-1}$ ), que corresponde al valor mínimo de la velocidad del viento a partir del cual se puede disponer de medida.

- Principio de funcionamiento

Cuando el viento ejerce una fuerza sobre la parte cóncava de las cazoletas que provoca el giro del sistema, (0.80 revoluciones por metro (1 pulso cada 1.25 metros), un imán gira con el eje del molinete generando un campo variable, que provoca el cierre de un contacto tipo lengüeta para cada revolución del rotor. Hemos elegido alimentarlo con 5V con objeto de que se pueda adaptar al rango de entrada de la tarjeta de adquisición de datos, así, genera pues un tren de pulsos de 5V, emitiendo

un pulso por cada giro del sistema. La relación entre la tensión de salida y la velocidad del viento no es lineal, es constante ya que con independencia de la velocidad, la tensión de salida es siempre la misma, lo único que varía es el tiempo entre pulso y pulso.

#### 4.2.3.- Transductor de Radiación solar global (fotopila)

- Descripción genérica

Se ha utilizado el transductor modelo SKS-1110 con semiconductor de silicio. Es un transductor cuántico (fotopila) de medida de la radiación global solar.

La sensibilidad de voltaje del sensor corresponde a  $1\text{mV} / 100\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  recibidos y el rango de trabajo es de  $5000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  por lo que el rango de tensión de salida será de 1-50mV correspondiendo linealmente con el margen de medida. Proporciona una salida mucho mayor que los instrumentos basados en termopila, lo cual, junto con su mejor estabilidad en temperatura, lo hace muy flexible en su uso. Es de destacar también el tiempo de respuesta en el voltaje de salida que es muy corto, 10 ns.



Figura 3.- Imagen del sensor fotopila

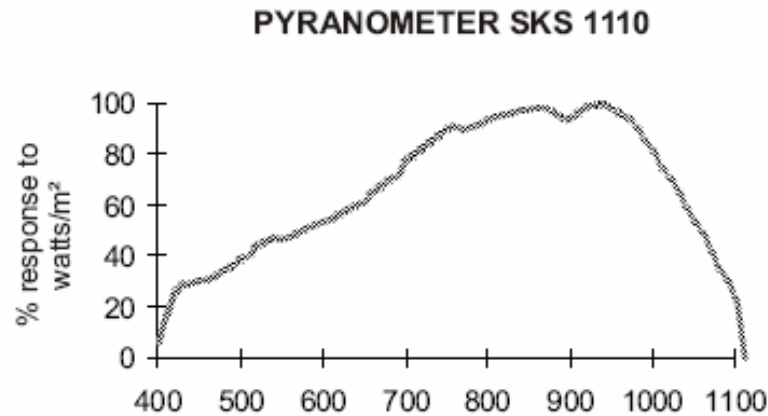
- Principio de funcionamiento

Las fotopilas utilizan la energía radiante absorbida para generar una corriente eléctrica. Cuando un fotón incide en la superficie de la rejilla colectora se libera un electrón en el material semiconductor que es de silicio. La corriente que se genera en el circuito es proporcional al número de fotones recibidos.



- Respuesta espectral del SKS 1110

La respuesta espectral de este tipo de sensor depende de la longitud de onda de la radiación incidente (400-1100 nm) esto se puede apreciar en la gráfica siguiente proporcionada por el fabricante:



**Gráfica 1.- Respuesta espectral del piranómetro**

Como se puede apreciar la respuesta espectral de la pila corresponde con una gama de longitud de onda menor que la de la radiación global solar. Para poder registrar todo el espectro de la radiación global solar (300-2500 nm) la fotopila integra un factor de corrección que corrige la sensibilidad del aparato. Hay que tener en cuenta que dado que no mide el espectro solar global, una variación de la composición espectral de la radiación induce una variación de la respuesta del aparato; es por ello que el margen de error del mismo sea elevado (error del 3%) y haya que tenerlo en consideración ( $\pm 30 \text{ W/m}^2$ ).

- Calibrado y uso

Este sensor es calibrado en precisión con un piranómetro de termopila bajo condiciones de luz natural. Aunque los chequeos de fabricación normalmente utilizan luz artificial, estos sensores son calibrados con luz natural, y no deben emplearse con fuentes de luz artificial o filtrada. Esta limitación al uso en exteriores es debida a la curva de respuesta del sensor que difiere cuando recibe energía solar. Sin embargo y

dato que recibe una muestra de luz solar constante este sensor siempre trabajará con precisión en exteriores

#### 4.2.4.- Transductor de temperatura y humedad relativa del aire

- Descripción genérica

Se han utilizado 2 sensores HMP45A del fabricante VAISALA, uno para exterior y otro para el interior de la maqueta. El HMP45A incorpora en su interior un sensor termoresistivo de temperatura y otro capacitivo de humedad relativa.



Figura 4.- Sensor de temperatura y humedad del aire

El HMP45A ha sido protegido por un abrigo estático el cual protege a las sondas de la radiación solar directa, de la radiación solar difusa y de las posibles precipitaciones. Se detallan a continuación las sondas de temperatura y humedad:

##### **Sensor de Temperatura**

- Descripción genérica

El sensor comercial HMP45A de el proveedor Vaisala viene provisto de un sensor termoresistivo de platino denominado Pt1000 IEC 751. Este tipo de sensor esta basado en la variación de una resistencia, luego necesita de un circuito (puente

wheatstone) que posea una alimentación eléctrica para poder obtener una señal de salida, pues la variación de resistencia en si no genera señal alguna. La tensión de salida está comprendida entre 0 y 1 V.

- Principio de funcionamiento

Este sensor mide la temperatura del aire mediante termo-resistencias. La resistividad térmica de los metales varía con la temperatura. Por encima de  $-200^{\circ}\text{C}$  la resistividad varía casi linealmente con la temperatura. En la región lineal, la variación de la resistividad  $R$  con la temperatura  $T$  puede ser descrita adecuadamente por una función cuadrática:

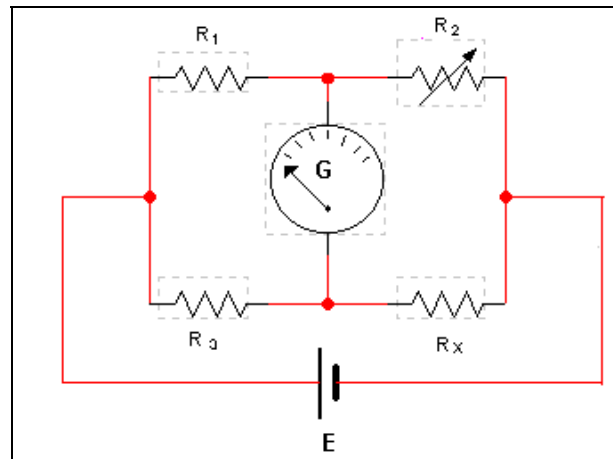
$$R = R (1+aT+bT^2)$$

donde  $R$  es la resistividad del material a una temperatura de referencia ( $0^{\circ}\text{C}$ ), con  $a$  y  $b$  constantes del material usado.

El platino es un material que presenta una variación lineal con la temperatura ( $b$  es muy pequeño). Usado como termoresistor, presenta pequeña resistencia y su variación con la temperatura (coeficiente de temperatura) no es particularmente importante, por eso requiere de un puente resistivo que ya viene integrado en el sensor para detectar la señal. Este puente resistivo es el llamado puente Wheatstone

- Puente Wheatstone

Tiene 3 resistencias fijas y una variable  $R_x$  que es la de la sonda.



**Figura 5.- Esquema de un puente whestone**

Se aplica en dos extremidades de una de las diagonales una tensión  $V$ , mientras que las dos restantes están conectadas a un galvanómetro.

Cuando varía la resistencia  $R_x$ , aparece un desequilibrio y se mide una corriente en el galvanómetro. El interés de este montaje es que se puede obtener una indicación igual a cero para una temperatura de referencia (en general  $0^{\circ}\text{C}$ )

Para determinar la temperatura se mide la corriente de desequilibrio del puente y se asocia con el valor que toma  $R_t$  con la variación de temperatura. En nuestro caso en concreto el sensor nos va a dar una tensión comprendida entre 0 y 1 V.

### **Sensor de Humedad Relativa del aire**

- Descripción genérica

El sensor HMP45A del proveedor Vaisala viene provisto de un sensor capacitivo de medida de la humedad del aire denominado HUMICAP 180. Esta integrado por una fina lámina de polímero higroscópico que actúa como dieléctrico, sobre la cual se depositan dos electrodos metálicos porosos. Todo este conjunto constituye un condensador.

- Principio de funcionamiento

Cuando el polímero absorbe moléculas de agua del aire, su volumen aumenta y la distancia entre los electrodos se incrementa, lo que induce una variación de la capacitancia del condensador.

#### 4.2.5.- Transductor de radiación neta (pirradiómetro)

##### Descripción genérica

Se ha utilizado un pirradiómetro neto llamado NR-LITE de la casa Kipp & Zonen. Ha sido instalado en el interior de la maqueta.



**Figura 6.-Imagen del sensor de radiación neta**

Los radiómetros netos miden el balance de energía entre la radiación incidente de onda corta más la infrarroja de onda larga con relación a la onda corta y larga infrarroja reflejada por la superficie (suelo).

El NR-LITE genera una señal de salida en milivoltios comprendida entre  $\pm 25\text{mV}$ .

Para evitar efectos de sombreado y efectuar un promediado espacial, el NR-LITE se ha montado a una altura mínima de 1.5m. Campbell Scientific recomienda montar el NR-LITE en un poste vertical separado unos 63cm de distancia de cualquier otra estructura de montaje.

- Principio de funcionamiento

El pirradiómetro neto se basa en el principio de medida de las termopilas, incluye dos detectores negros cónicos; una cara hacia arriba, y la otra hacia abajo. Los detectores están recubiertos de una capa de Teflón que los hace resistentes a la intemperie, sin necesidad de cúpulas de plástico. Ambos detectores están calibrados con idéntico coeficiente de sensibilidad.

### **4.3.- DAQ**

El DAQ de National Instruments es un sistema de adquisición de datos multifunción formado por el dispositivo de adquisición de datos modelo PCI 6221.

Las señales emitidas por los transductores están dentro de unos rangos de tensión que requieren el uso de un bloque de acondicionamiento de señales para que la tarjeta de adquisición de datos pueda trabajar correctamente.

#### **4.3.1.- Bloque de acondicionamiento de señal SC-2345**

Algunos transductores disponen de transmisores que proporcionan a su salida una señal normalizada (4-20 mA; 0-10 V; etc.). Los transductores analógicos, cuya señal no está normalizada, necesitan de acondicionamiento de la señal para su lectura en el dispositivo DAQ.

- Descripción genérica

El bloque de acondicionamiento de señal seleccionado, es el modelo SC-2345. Es de tipo portátil a bajo costo y bajo conteo de canales para sistemas de medición y automatización basados en PC que requieren acondicionamiento y conectividad por canal. El sistema SCC condiciona una variedad de entradas analógicas y señales digitales de E/S.



**Figura 7.- Bloque de acondicionamiento de señal y módulos de acondicionamiento**

Un sistema SCC está compuesto por módulos de canales simples o duales instalados en una caja de protección de bajo perfil que conecta a cualquier dispositivo de Serie E o DAQ multifunciones básica.

Los módulos SCC están alojados en una caja de protección Serie SC-2345. La caja soporta 20 módulos. La Serie SC-2345 puede poner en cascada dos módulos SCC para acondicionamiento de fase dual.



**Figura 8.- Imagen del bloque de acondicionamiento**

Los módulos SCC acondicionan las señales de los sensores. Están dotados con conectores terminales de tornillos enchufables para el cableado fácil de señales. Los módulos SCC trabajan con dispositivos Serie E y DAQ Multifunciones Básica.

- El acondicionamiento de una señal

El acondicionamiento suele consistir en las siguientes operaciones básicas:

- *Amplificación*: incrementa el nivel de potencia de la señal
- *Filtrado*: elimina las componentes de la señal no deseadas
- *Linealización*: obtiene una señal de salida que varíe linealmente con la variable que se desea medir.
- *Modulación/Demodulación*: modifica la forma de la señal a fin de poder transmitirla a largas distancias o a fin de reducir su sensibilidad frente a interferencias en el transporte

Un acondicionador de señal está compuesto por diferentes instrumentos electrónicos, entre los que podemos encontrar, amplificadores operacionales, Amplificador de instrumentación, Los aisladores, multiplexores, Sample and Hold, etc.

- Adaptación rangos de tensión e impedancias

La adaptación entre los rangos de salida del convertidor y el de entrada del convertidor tiene como objetivo el aprovechar el margen dinámico del convertidor, de modo que la máxima señal de entrada debe coincidir con la máxima que el convertidor que es 10 V. Esta adaptación se realiza mediante la amplificación de las señales de entrada de los sensores y es realizada por los módulos SCC.

Por otro lado, la adaptación de impedancias es imprescindible ya que los transductores presentan una salida de alta impedancia, que no puede excitar la entrada del convertidor, cuya impedancia esta entre 1 y 10 k. Así el convertidor exige que la señal aplicada sea continua o de frecuencia de variación lenta, y que su amplitud esté entre unos límites determinados, que no excede de 10 voltios.

- Módulos SCC utilizados por cada señal de transductor

**Radiación Neta (interior)** Sensibilidad:  $10\mu\text{VW-1m}^2$  (nominal); Rango de salida:  $\pm 25\text{mV}$ ; Rango de medición:  $\pm 2000\text{Wm}^{-2}$ .

MODULO SCC AIO7 ( $\pm 50\text{mV}$ )



**Radiación Global Solar (interior):**  $1\text{mV} / 100\text{W}/\text{m}^2$  y el rango de trabajo es de  $5000\text{ W}/\text{m}^2$  por lo que el rango de tensión de salida será de  $1\text{-}50\text{mV}$  correspondiendo linealmente con el margen de medida.

MODULO SCC-AI07 ( $\pm 50\text{mV}$ )

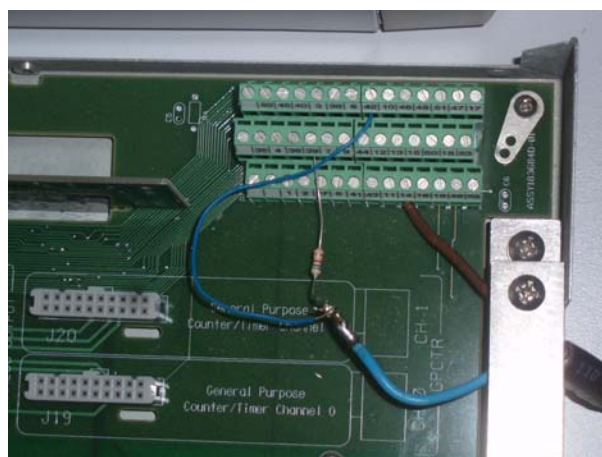
**Temperatura del aire (interior y exterior):** Rango de medida es de  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta  $+60^{\circ}\text{C}$ , Salida  $0$  a  $1\text{ VDC}$  con resolución de  $0,2^{\circ}\text{C}$  y una precisión de  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$

MODULO SCC-AI05

**Humedad relativa del aire (interior y exterior):** El rango de medida es de  $1$  a  $100\%$  RH, la Salida  $0$  a  $1\text{ VDC}$  con resolución  $\pm 2\%$  y una Precisión de  $\pm 3\%$ . Tiempo de respuesta  $<15$  segundos MODULO SCC-AI05

**Anemómetro (interior)** Rango de medida de  $0.2\text{-}75\text{ ms}^{-1}$   $0.80$  revoluciones por metro ( $1$  pulso cada  $1.25$  metros). Tensión de salida pulsos de  $5\text{V}$ .

Como la señal es de  $5\text{V}$  y es digital, no ha sido necesaria la utilización de un módulo SCC para el acondicionamiento de la señal. El acondicionamiento de la señal lo realizamos conectándole una resistencia de la forma en la que se muestra en la foto 10. Se conectan los cables del transductor anemómetro al bloque de conectores, desde este, llega a la tarjeta de adquisición de datos de forma directa a través del circuito impreso del bloque de acondicionamiento y del cableado entre el bloque de acondicionamiento y la tarjeta de adquisición de datos.



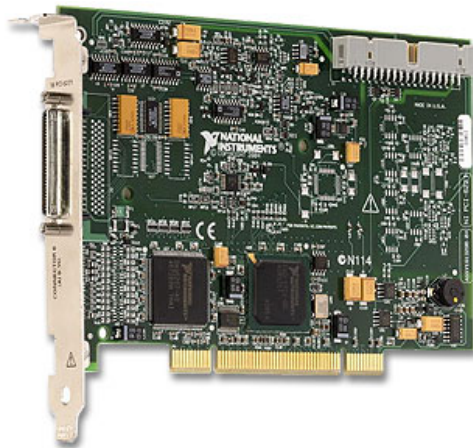
**Foto 9.- Conexión del cableado del anemómetro al Bloque de conectores**

### 4.3.2.- La tarjeta de adquisición de datos PCI 6221 (DAQ)

- Descripción genérica

La tarjeta de adquisición de datos PCI 6221 de National Instruments incluye 16 entradas analógicas de 16 bits a 250 kmuestras/s, dos salidas analógicas de 16 bits a 833 kmuestras/s y dos contadores/temporizadores de 32 bits a 80 MHz. Esta tarjeta también ofrece 10 líneas de E/S digitales bidireccionales, dos de la cuales están correlacionadas a velocidades de hasta 1 MHz. Admite una entrada de 0-10 V.

La PCI-6221 incluye un completo paquete de software de medida de NI, que consiste en herramientas y drivers para conectar software de instrumentación virtual con hardware para medida y control de NI. El software de medida de NI, construido a partir del driver NI-DAQmx, incluye interfaces intuitivas para programar aplicaciones, herramientas de configuración, asistentes de E/S y herramientas profesionales con las que los ingenieros pueden reducir el tiempo de instalación y configuración del sistema. Los productos de adquisición de datos de NI también funcionan con software de aplicación, como LabVIEW, LabWindows/CVI, SignalExpress y Measurement Studio for Visual Basic, C++ y .NET, y son compatibles con los sistemas operativos estándar, como Linux, OS X y Windows XP.



**Figura 9.- Ciclo de entradas, salidas y perturbaciones en un invernadero**

- El convertidor Analógico / Digital

Es un circuito integrado incorporado en la tarjeta de adquisición de datos, presentando en su salida, una señal digital a partir de una señal analógica de entrada, realizando

las funciones de cuantificación y codificación.

La **cuantificación** implica la división del rango continuo de entrada en una serie de pasos, de modo que para infinitos valores de la entrada la salida sólo puede presentar una serie determinada de valores. Esto es el número de bits, que es el número de pasos que admite el convertidor (16 bits) y es lo que indica la resolución de la tarjeta. Por tanto la cuantificación implica una pérdida de información que no podemos olvidar.

La **codificación** es el paso por el cual la señal digital se ofrece según un determinado código binario, de modo que las etapas posteriores al convertidor puedan leer estos datos adecuadamente. Este paso hay que tenerlo siempre en cuenta, ya que puede hacer que obtengamos datos erróneos, sobre todo cuando el sistema admite señales positivas y negativas con respecto a masa, momento en el cual la salida binaria del convertidor nos da tanto la magnitud como el signo de la tensión que ha sido medida.

**Número de bits** Es el número de bits que tiene la palabra de salida del convertidor, y por tanto es el número de pasos que admite el convertidor. Como el convertidor de la tarjeta es de 16 bits sólo podrá dar a la salida  $2^{16}=65536$  valores posibles.

**Resolución:** Es el mínimo valor que puede distinguir el convertidor en su entrada analógica, o dicho de otro modo, la mínima variación,  $V_i$ , en el voltaje de entrada que se necesita para cambiar en un bit la salida digital. En resumen, tenemos que:

$$V_i = \frac{V_f}{(2^n - 1)}$$

donde  $n$  es el número de bits del convertidor, y  $V_f$  la tensión de fondo de escala, es decir, aquella para la que la salida digital es máxima. La tensión de fondo de escala depende del tipo de convertidor, que en nuestro caso sería de 10 V.

$$V_i = \frac{10V}{2^{16} - 1} = 0,1525mV / \text{paso}$$

Implica que por cada 0,1525 mV de tensión analógica recibida por el convertidor en su entrada, emite un bit en la salida digital. Quiere decir, que nos podrá emitir bits digitales por cada salto de 0,1525mV analógico recibido. Esto, va a determinar la precisión de las lecturas de las variables climáticas.

En la siguiente tabla se muestra para cada transductor que rango mínimo de adquisición podemos tomar teniendo en cuenta la amplificación recibida y la conversión a digital.

**Tabla 1.- Resumen de transductores y su acondicionamiento**

TRANSDUCTOR	SENSIBILIDAD	SALIDA	ACONDICIONAMIENTO	CONVERSION A DIGITAL
<b>Anemómetro</b>	1 pulso/ 1,25 m.	5V DC	resistencia	No necesita 1 pulso = 1 bit
<b>HR</b>	0,01V / 1%HR	0-1 V AC	x10 (1V → 10V)	0,1525 mV = 0,001525%HR
<b>Temperatura</b>	0,01428V/°C	0-1 V AC	X10 (1V → 10V)	0,1525mV = 0,001068°C
<b>Rad. Neta</b>	10μVW-1m2	±25mV AC	X200 (25 mV→10V)	0,1525mV = 1,525 W/m2
<b>Rad. Global</b>	1mV / 100W/m	1-50mV AC	X200 (50mV → 10V)	0,1525mV = 1,525 W/m2

- Frecuencia de muestreo

Los datos son capturados mediante el ADC usando un proceso de muestreo. Muestrear una señal analógica requiere la toma de muestras de dicha señal en tiempos determinados, tiempos discretos. La frecuencia en que la señal es muestreada es conocida como Frecuencia de Muestreo.

El proceso de muestreo genera valores de la señal a intervalos de tiempo conocidos ese tiempo es el tiempo que tarda en realizar una medida el convertidor en concreto, y dependerá de la tecnología de medida empleada. Evidentemente nos da una cota máxima de la frecuencia de la señal a medir. En nuestra tarjeta es de 250000 muestras por segundo y por canal. No tendremos ningún tipo de limitación teniendo en cuenta que las frecuencias de muestreo de nuestros transductores son menores que la de nuestra tarjeta.

La frecuencia de muestreo determina la calidad de la señal analógica que se convierte. Cuanto más alta sea la frecuencia de muestreo mejor será la conversión de la señal analógica, tendrá mayor parecido con la señal real. La frecuencia mínima de muestreo requerida para representar la señal adecuadamente debe ser como mínimo dos veces la frecuencia máxima de la señal analógica que se desea convertir (Principio de Nyquist).

El tiempo de muestreo se mide como el transcurrido desde que el convertidor recibe una señal de inicio de conversión (normalmente llamada SOC, Start of Conversión) hasta que en la salida aparece un dato válido. Para que tengamos constancia de un dato válido tenemos dos caminos:

- Esperar el tiempo de conversión máximo que aparece en la hoja de características.
- Esperar a que el convertidor nos envíe una señal de fin de conversión.

Si no respetamos el tiempo de conversión, en la salida tendremos un valor, que dependiendo de la constitución del convertidor será:

- Un valor aleatorio, como consecuencia de la conversión en curso
- El resultado de la última conversión

#### **4.4.- PC.**

El PC utilizado es un ordenador personal con procesador Pentium Celeron CPU 2,8 Ghz. La memoria RAM es de 512 MB. El disco duro es de 111 Gb de capacidad. El sistema operativo del PC es Windows XP Profesional 2002.



**Foto 10.- Foto del PC utilizado**

En este equipo se ha procedido a instalar los correspondientes drivers y controladores de la tarjeta de adquisición de datos. Se ha instalado también los paquetes de programación para el control de instrumentación LabVIEW versión 8.0

## Capítulo V.- LabVIEW como lenguaje de programación

### 5.1.-Introducción

Al estudiar la configuración de los sistemas de adquisición de datos modernos DAQ (Data Acquisition System), basados en equipos PC (Personal Computer), se aprecia que una de las partes que componen dichos sistemas, es el software quien controla y administra los recursos del computador, presenta los datos, y participa en el análisis.

Para los sistemas DAQ se necesita de un software de instrumentación, que sea flexible para futuros cambios, y preferiblemente que sea de fácil manejo, siendo lo mas poderoso e ilustrativo posible.

Programas y lenguajes de programación que cumplan con lo dicho existen en gran número en el mercado actual, como por ejemplo el Visual Basic, el C, el C++, el Visual C++, Pascal, LabWindows CVI, LabVIEW, y muchos otros confeccionados específicamente para las aplicaciones que los necesiten.

Para elaborar los algoritmos de control y toma de datos en el presente proyecto, se consideró que el lenguaje más apto es el LabVIEW. (Laboratory Virtual Engineering workbench), LabVIEW es una herramienta diseñada especialmente para monitorizar, controlar, automatizar y realizar cálculos complejos de señales analógicas y digitales capturadas a través de *tarjetas de adquisición de datos*, puertos serie y GPIBs (Buses de Intercambio de Propósito General). Las razones de la elección son varias:

- Es muy simple de manejar, debido a que está basado en un nuevo sistema de programación gráfica, llamado lenguaje G.
- Es un programa enfocado hacia la instrumentación virtual, por lo que cuenta con numerosas herramientas de presentación, en gráficas, botones, indicadores y controles, los cuales son muy esquemáticos y de gran elegancia. Estos serían complicados de realizar en bases como c++ donde el tiempo para lograr el mismo efecto sería muchas veces mayor.
- Es un programa de gran versatilidad donde se cuentan con librerías especializadas para manejos de DAQ, Redes, Comunicaciones, Análisis Estadístico, Comunicación con Bases de Datos (Útil para una automatización de una empresa a nivel total).

- Con este las horas de desarrollo de una aplicación por ingeniero, se reducen a un nivel mínimo.
- Como se programa creando subrutinas en módulos de bloques, se pueden usar otros bloques creados anteriormente como aplicaciones por otras personas.
- Es un programa que permite pasar las aplicaciones entre diferentes plataformas como Macintosh y seguir funcionando.

Tomando en cuenta todo lo anterior, se considera de gran utilidad para la implantación del sistema de adquisición de datos (DAQ) objeto del presente proyecto y es por ello que se ha elegido LabVIEW.

## 5.2.- VIs (Instrumentos Virtuales) de LabVIEW

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan *Instrumentos Virtuales (VIs)*, porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales.

LabVIEW tiene la característica de descomposición modular ya que cualquier VI que se ha diseñado puede convertirse fácilmente en un módulo que puede ser usado como una sub-unidad dentro de otro VI. Esta peculiaridad podría compararse a la característica de procedimiento en los lenguajes de programación estructurada.

Es un sistema abierto, en cuanto a que cualquier fabricante de tarjetas de adquisición de datos o instrumentos en general puede proporcionar el driver de su producto en forma de VI dentro del entorno de LabVIEW. También es posible programar módulos para LabVIEW en lenguajes como C y C++, estos módulos son conocidos como Sub-VIs y no se difieren a los VI creados con LabVIEW salvo por el interfaz del lenguaje en el que han sido programados. Además estos Sub-VIs son muy útiles por ejemplo en el campo de cálculos numéricos complejos que no se encuentran incluidos en las librerías de LabVIEW.



### 5.3.- Entorno de trabajo de LabVIEW

Se podría decir que en cualquier VI de LabVIEW existen dos caras bien diferenciadas: el Front Panel (Panel Frontal) y el Block diagram (Diagrama de Bloque). Las *paletas* de LabVIEW son las que proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el *panel frontal* como el *diagrama de bloques*.

#### 5.3.1- El Panel Frontal

Es la cara que el usuario del sistema está viendo cuando se está monitorizando o controlando el sistema, o sea, el interfaz del usuario. Puede ser totalmente parecido al instrumento del cual se están recogiendo los datos, de esta manera el usuario sabe de manera precisa cual es el estado actual de dicho instrumento y los valores de las señales que se están midiendo.

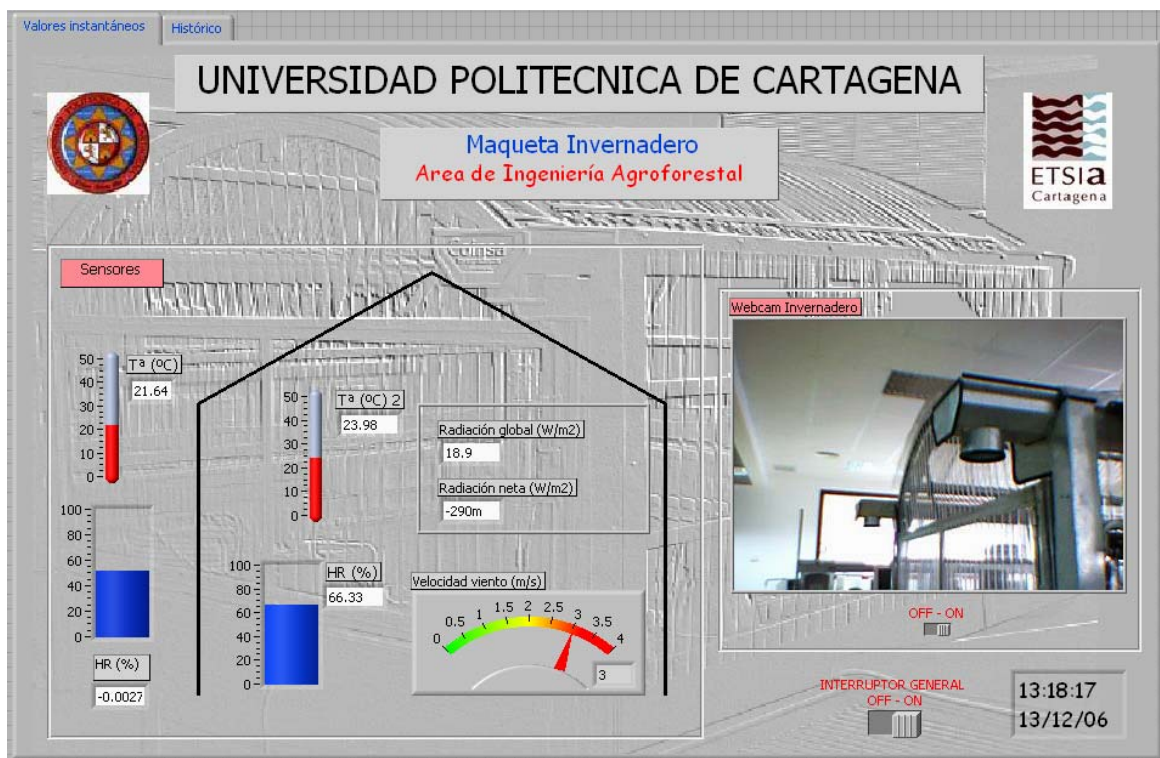


Figura 10.- Panel frontal de la aplicación

### 5.3.2.- El diagrama de bloques

Es el conexionado de todos los controles y variables, que tendría cierto parecido al diagrama del esquema eléctrico del instrumento. Constituye el código fuente del VI. En el *diagrama de bloques* es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el *panel frontal*.

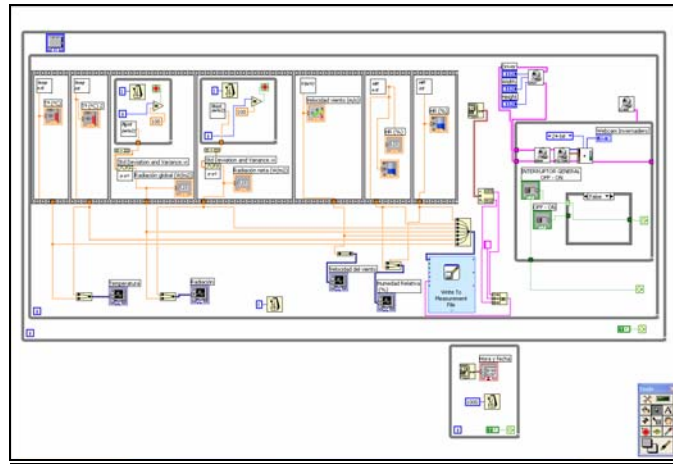


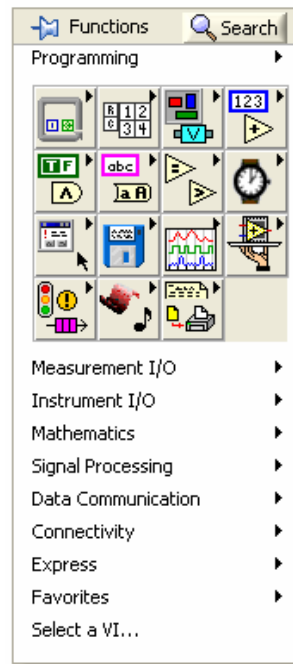
Figura 11.- Diagrama de bloques de la aplicación

### 5.3.3.- Las Paletas

Proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el *panel frontal* como el *diagrama de bloques*.

La *paleta de controles para el panel frontal*, nos permite, pinchando y arrastrando con el ratón del ordenador, insertar los controles necesarios para nuestra aplicación





**Figura 14.- Paleta de funciones para la creación del diagrama de bloques**

## **Capítulo VI.- Sinóptico**

### **6.1.- Introducción**

En el siguiente capítulo se procederá a explicar las características esenciales de los elementos constituyentes del programa aplicativo así como que pasos se ha ido llevando a cabo para desarrollarlo.

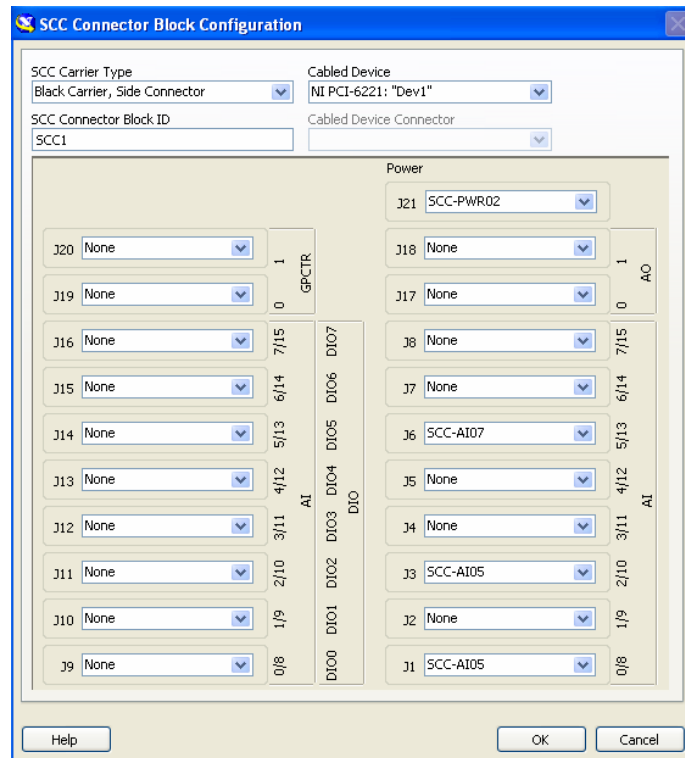
### **6.2.- Desarrollo del sinóptico aplicativo**

Para desarrollar un programa que permita que el usuario pueda trabajar con los datos que están ocurriendo en la maqueta del invernadero, en primer lugar, dado que hemos decidido trabajar con LabVIEW y el hardware de NI, se ha procedido a:

- configurar el hardware (bloque acondicionador, módulos SCC y tarjeta de adquisición de datos) con los drivers y controladores correspondientes suministrados por los fabricantes.
- con el software de configuración de la tarjeta PCI (NI-DAQmx) instalada, este programa, configuramos en que canales del SC-2345 tenemos conectados los módulos SCC, así como el modelo de cada módulo.
- Una vez asignados y configurados los canales de cada entrada, comienza el trabajo con LabVIEW. Se crean los subinstrumentos virtuales de cada transductor.
- Se genera una estructura que contenga los VIs creados y les de funcionalidad conjunta. La apariencia de la misma será la apariencia de nuestro aplicativo

#### **6.2.1.- Configuración del software de NI-DAQmx**

Una vez instalado el software del DAQ según las especificaciones del proveedor del programa, se han configurado los canales que están instalados en nuestro bloque de acondicionamiento.



**Figura 15.- Configuración de los módulos SCC en el DAQ**

Como se puede apreciar en la figura, lo hemos configurado según los módulos SCC que tenemos instalados físicamente en nuestro bloque de acondicionamiento conectados a las entradas analógicas J1, J3 y J6. (Ver foto 11)



**Foto 11.- Bloque de acondicionamiento**

En cada entrada analógica (J1, J3 y J6) tenemos un módulo SCC, como son módulos de doble canal, en cada entrada tenemos asignados 2 sensores, uno por cada canal.

A continuación se adjunta una tabla donde se especifica en que canal está cada sensor:

**Tabla 2.- Canales de las entradas analógicas**

ENTRADA ANALOGICA	CANAL 1	CANAL 2
J1- SCC AIO5	T° exterior	HR exterior
J3- SCC AIO5	T° interior	HR interior
J6- SCC AIO7	Rad. Neta	Rad. Global



**Figura 16.- Configuración del módulo SCC1Mod1**

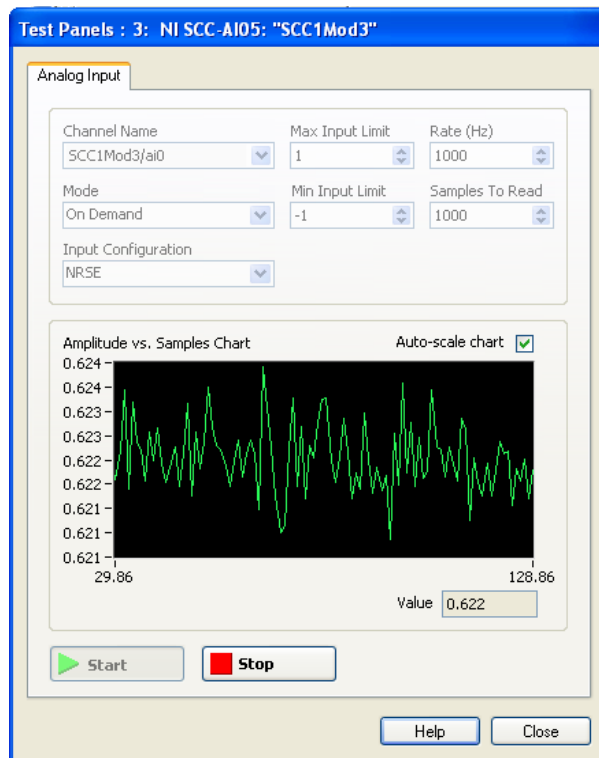


Figura 17.- Configuración del módulo SCC1Mod3

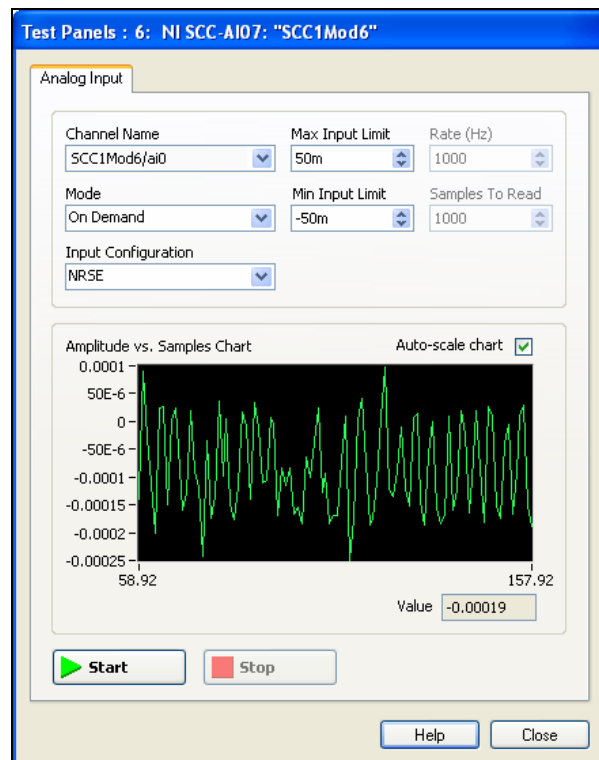


Figura 18.- Configuración del módulo SCC1Mod6



## 6.2.2.- Instrumentos Virtuales

La explicación de como se ha desarrollado cada instrumento virtual de LabVIEW la haremos a partir del diagrama de bloques del instrumento en si, desarrollando cada elemento del mismo. Finalmente se mostrará la apariencia definitiva de cada instrumento en el Panel frontal.

### 6.2.2.1.- VI Temperatura Exterior

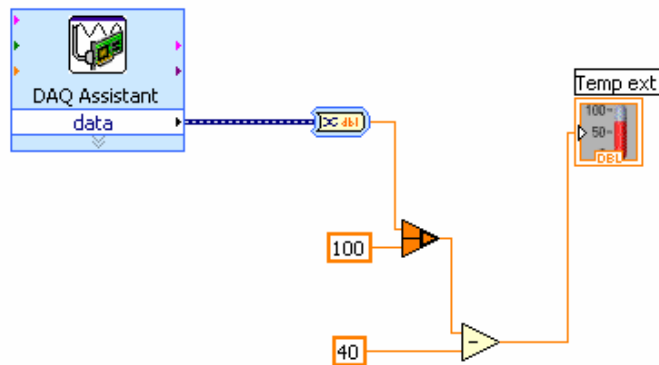
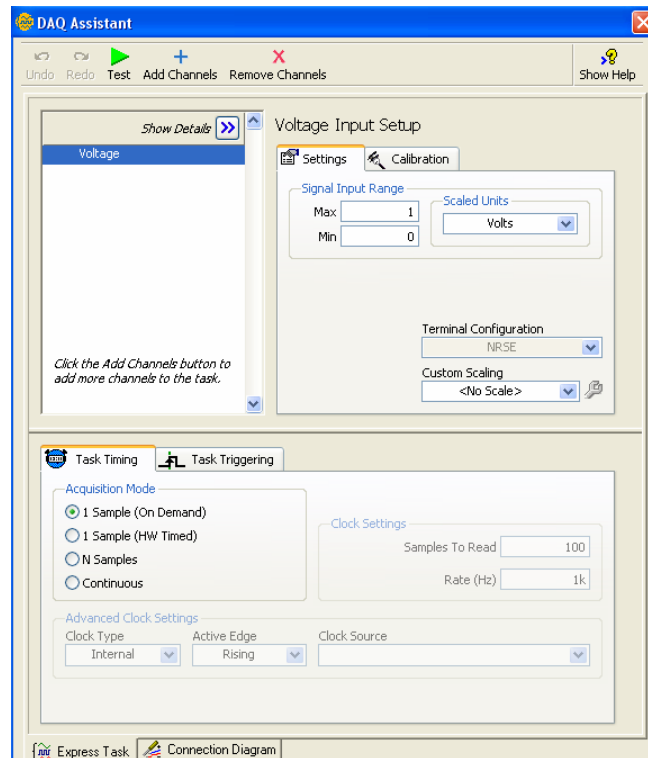


Figura 19.- Diagrama de bloques del VI temperatura exterior

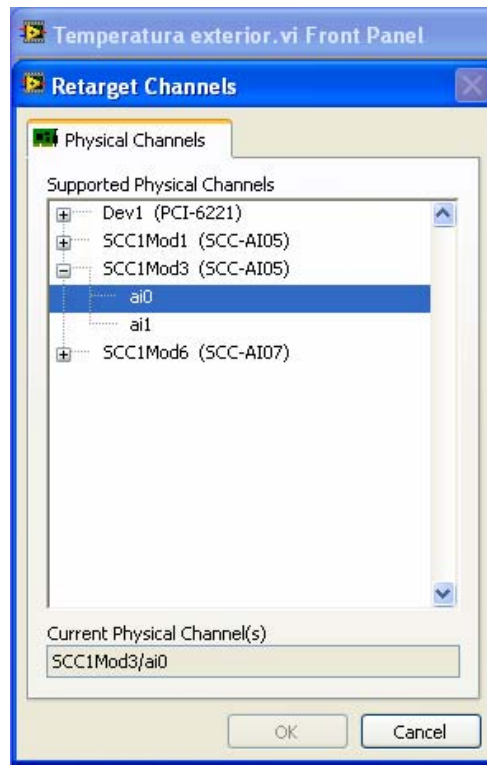


DAQ Assistant Express VI: crea y edita la señal de referencia procedente del NI-DAQmx, asignándole el canal de entrada, en este caso es el propio del canal asignado a la señal de temperatura exterior.



**Figura 20.- Configuración del voltaje del VI temperatura exterior**

Como se puede apreciar la señal de entrada está configurada entre un máximo de 1 Voltio y un mínimo de 0 Voltios.



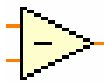
**Figura 21.- Canal del VI temperatura exterior**



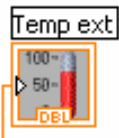
Convertor de datos dinámicos: convierte la señal de entrada de datos dinámicos a datos de tipo numérico, de tal forma, que estos pueden ser usados por otros VIs y funciones.



Función numérica de multiplicación: Multiplica los datos entrantes por un número. En nuestro caso es 100 para que las unidades de salida sean °C



Función numérica de resta: Resta el valor numérico de 40 debido a que en la medición de referencia de calibración daba +40.



Icono de control: Es la representación del tipo de icono que se utiliza para visualizarse en el panel frontal.

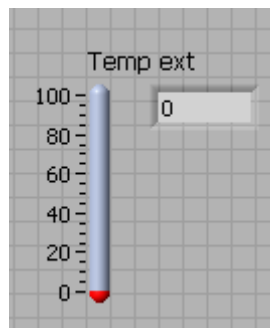


Figura 22.- Representación del VI temperatura exterior en el panel frontal

#### 6.2.2.2.- VI Temperatura Interior

Las características de VI temperatura interior son idénticas que las del VI temperatura exterior salvo que la señal procedente del NI-DAQmx está asignada al canal correspondiente a la temperatura Interior.

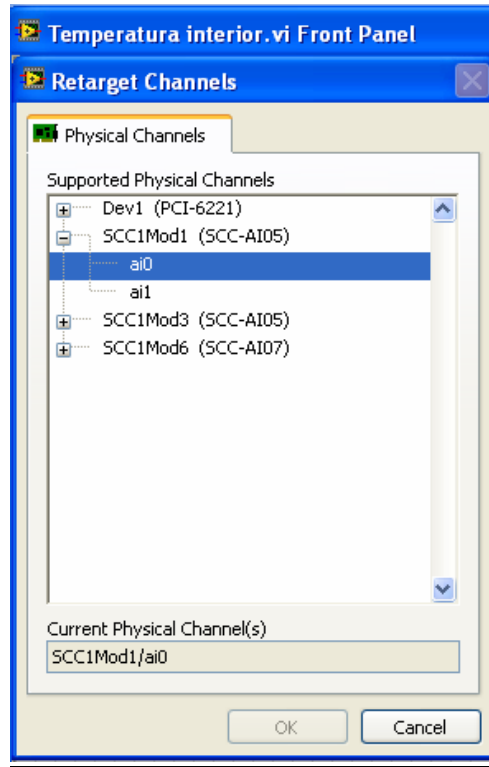


Figura 23.- Canal del VI temperatura interior

### 6.2.2.3.- VI Humedad relativa exterior

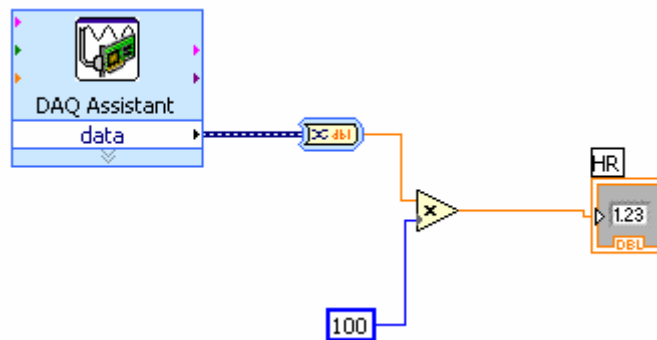


Figura 24.- Diagrama de bloques del VI HR exterior



DAQ Assistant Express VI: crea y edita la señal de referencia procedente del NI-DAQmx, asignándole el canal de entrada, en este caso es el propio del canal asignado a la señal de humedad relativa exterior.

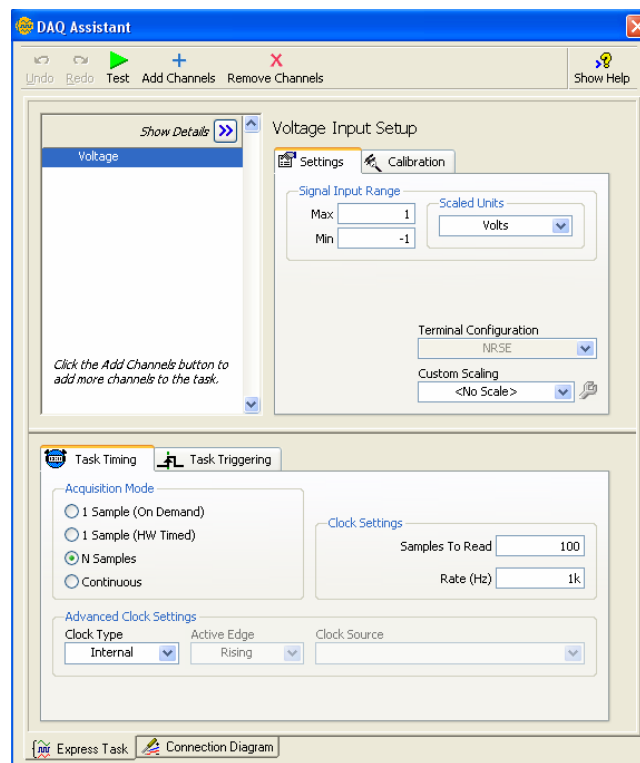


Figura 25.- Configuración del voltaje del VI HR exterior

Como se puede apreciar la señal de entrada está configurada entre un máximo de 1 Voltio y un mínimo de -1 Voltios.

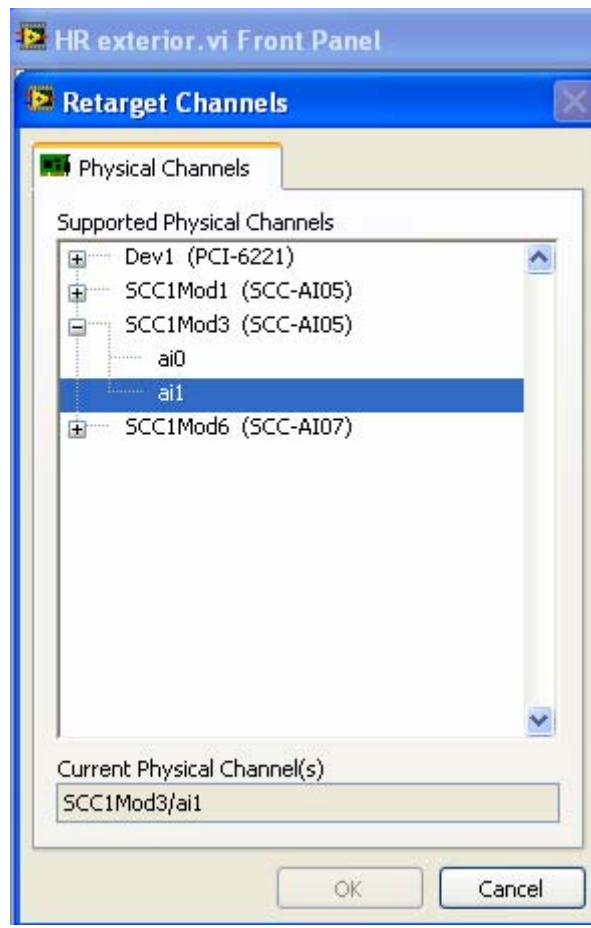


Figura 26.- Canal del VI temperatura interior



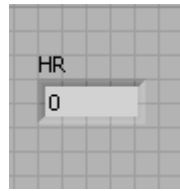
Convertidor de datos dinámicos: convierte la señal de entrada de datos dinámicos a datos de tipo numérico, de tal forma, que estos pueden ser usados por otros VIs y funciones.



Función numérica de multiplicación: Multiplica los datos entrantes por un número. En nuestro caso es 100 para que las unidades de salida sea % de HR.



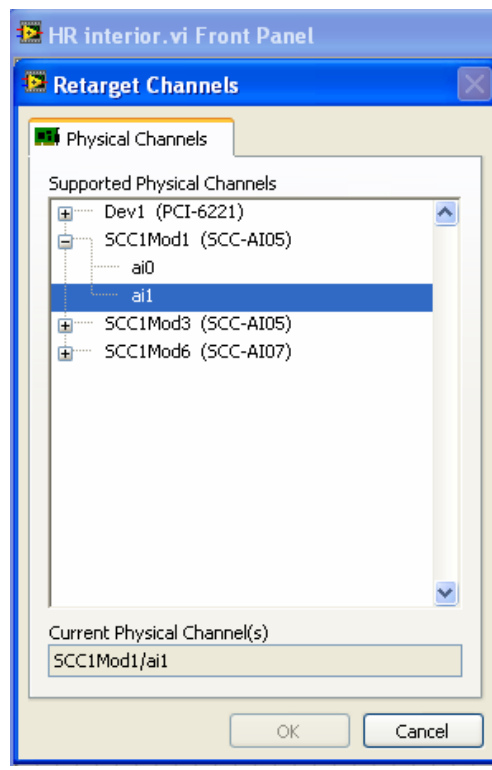
Icono de control: Es la representación del tipo de icono que se utiliza para visualizarse en el panel frontal del VI.



**Figura 27.- Representación del VI HR exterior en el panel frontal**

**6.2.2.4.- VI Humedad relativa interior**

Las características de VI HR interior son idénticas a las del VI HR exterior salvo que la señal procedente del NI-DAQmx está asignada a otro canal.



**Figura 28.- Canal del VI HR interior**

6.2.2.5.- VI Radiación global solar

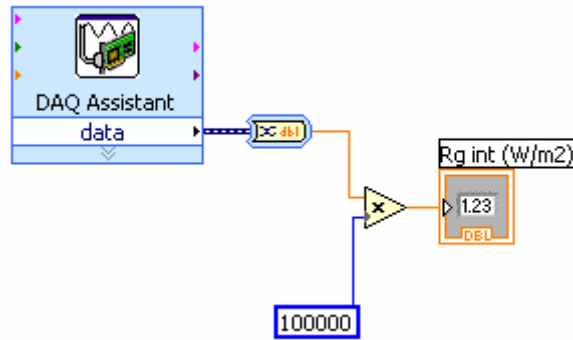


Figura 29.- Diagrama de bloques del VI Radiación Global Solar



DAQ Assistant Express VI: crea y edita la señal de referencia procedente del NI-DAQmx, asignándole el canal de entrada, en este caso es el propio del canal asignado a la señal de radiación global solar.

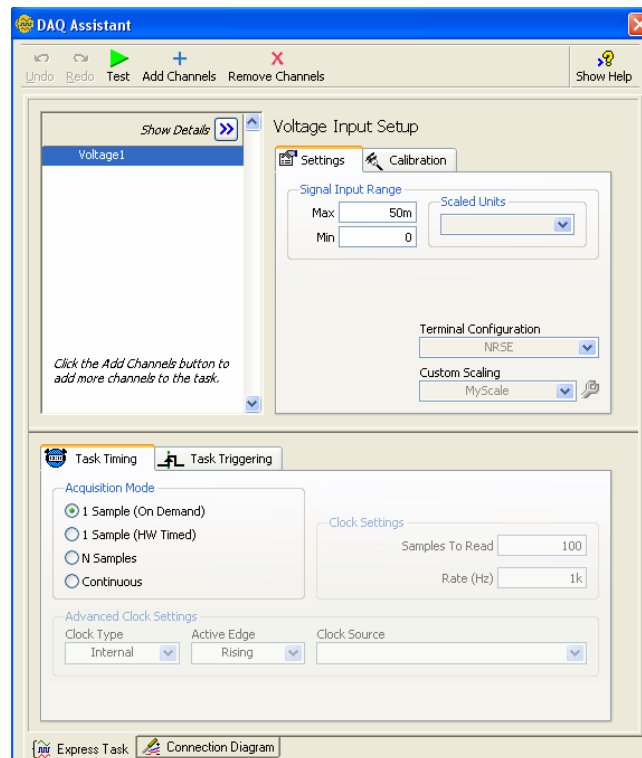


Figura 30.- Configuración del voltaje del VI Radiación global solar

Como se puede apreciar la señal de entrada está configurada entre un máximo de 50 milivoltios y un mínimo de 0 Voltios.



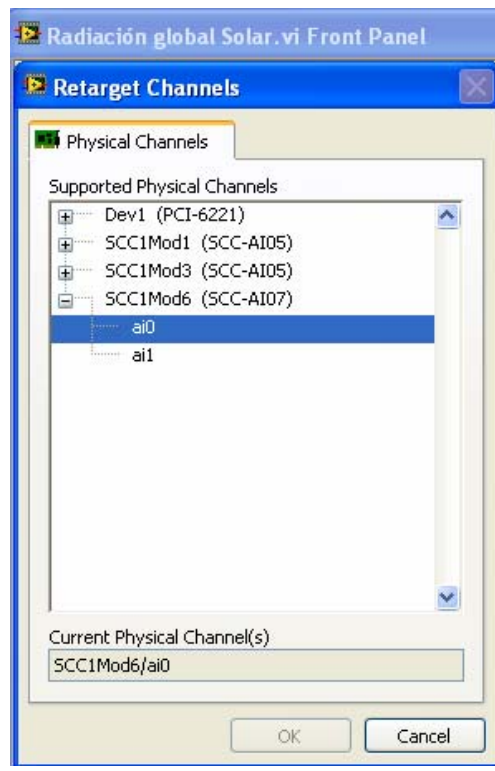


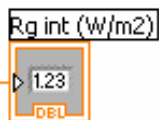
Figura 31.- Canal del VI Radiación Global Solar



Convertor de datos dinámicos: convierte la señal de entrada de datos dinámicos a datos de tipo numérico, de tal forma, que estos pueden ser usados por otros VIs y funciones.



Función numérica de multiplicación: Multiplica los datos entrantes por un número. En nuestro caso es 100000 para que las unidades de salida sean W/m<sup>2</sup>.



Icono de control: Es la representación del tipo de icono que se utiliza para visualizarse en el panel frontal.

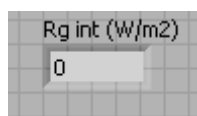


Figura 32.- Representación del VI Radiación Global Solar en el panel frontal

6.2.2.6.- VI Radiación Neta

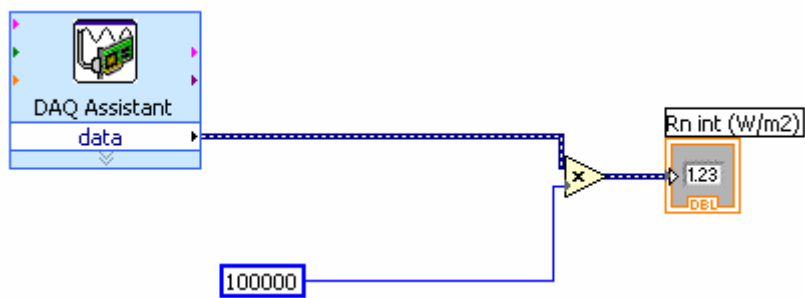


Figura 33.- Diagrama de bloques del VI Radiación Neta



DAQ Assistant Express VI: crea y edita la señal de referencia procedente del NI-DAQmx, asignándole el canal de entrada, en este caso es el propio del canal asignado a la señal de radiación neta.

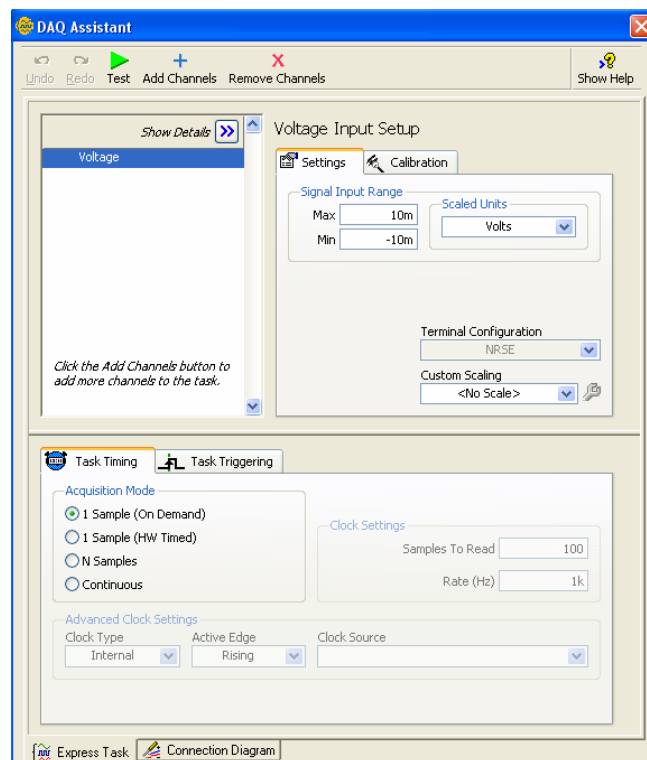


Figura 34.- Configuración del voltaje del VI Radiación Neta

Como se puede apreciar la señal de entrada está configurada entre un máximo de 10 milivoltios y un mínimo de -10 milivoltios.

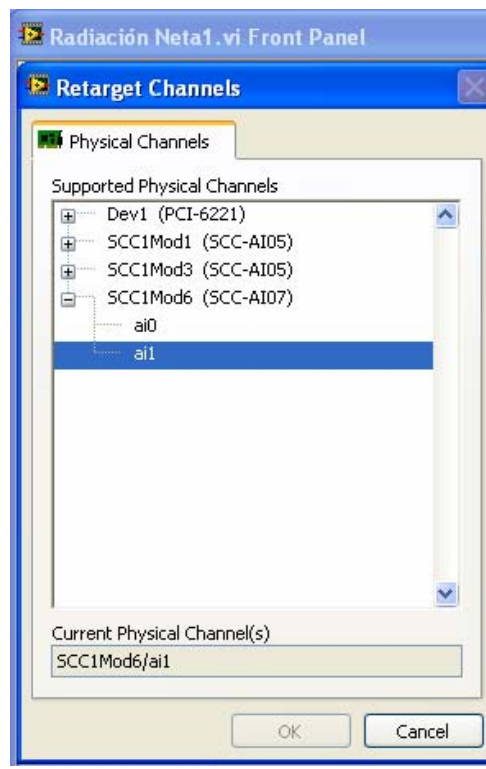
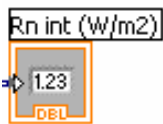


Figura 35.- Canal del VI Radiación Neta



Función numérica de multiplicación: Multiplica los datos entrantes por un número. En nuestro caso es 100000 para que las unidades de salida sean W/m<sup>2</sup>.



Icono de control: Es la representación del tipo de icono que se utiliza para visualizarse en el panel frontal.

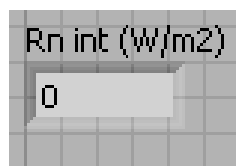


Figura 36.- Representación del VI Radiación Neta en el panel frontal

6.2.2.7.- VI Velocidad del viento

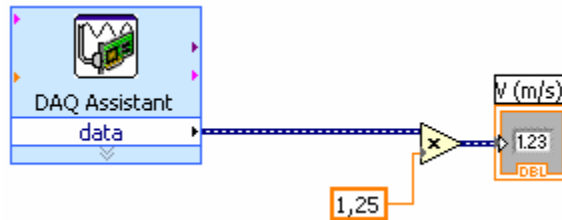


Figura 37.- Diagrama de bloques del VI Anemómetro



DAQ Assistant Express VI: crea y edita la señal de referencia procedente del NI-DAQmx, asignándole el canal de entrada, en este caso es el propio del canal asignado a la señal del anemómetro.

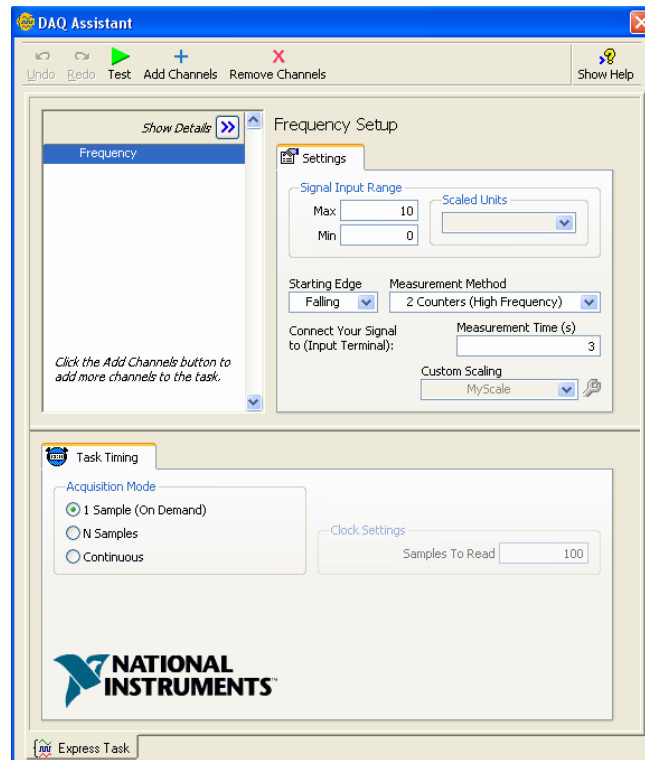


Figura 38.- Configuración del voltaje del VI Anemómetro

Como se puede apreciar está configurado para una señal máxima de entrada de 10 voltios, aunque según lo hemos instalado sabemos que la señal es de pulsos de 5 voltios. La entrada de la señal digital es directa a la tarjeta de adquisición. Los cables del anemómetro están instalados en el bloque de conectores directamente.



**Figura 39.- Canal del VI Anemómetro**



Función numérica de multiplicación: Multiplica los datos entrantes por un número. En nuestro caso es 1,25 dado que para cada vuelta del anemómetro (1 pulso) corresponde a 1,25 metros.



Icono de control: Es la representación del tipo de icono que se utiliza para visualizarse en el panel frontal.

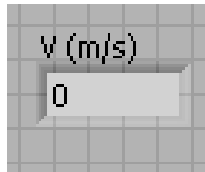


Figura 40.- Representación del VI Radiación Neta en el panel frontal

6.2.2.8.- VI Webcam

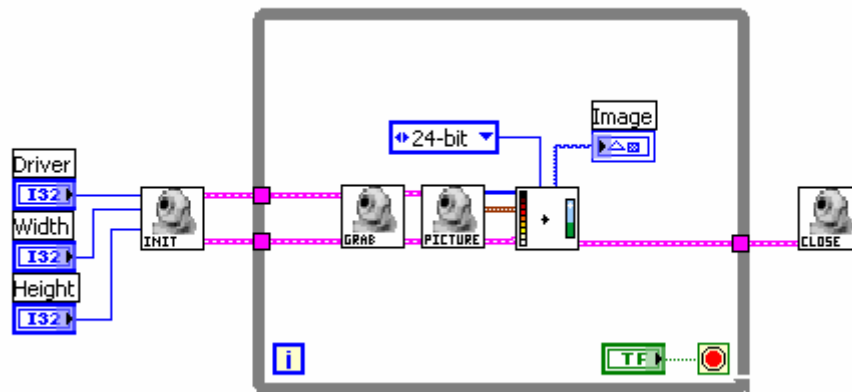


Figura 41.- Diagrama de bloques del VI Webcam

Las características del VI Webcam han sido desarrolladas por Peter James Parente para ser utilizadas con la Webcam.

Debido a la versatilidad de LabVIEW, permite utilizar instrumentos virtuales ya desarrollados. Esto permite no tener que proceder a programar todos los VI de una aplicación. En nuestro caso, al ser el VI un instrumento de desarrollo específico para el modelo de cámara Web, Creative Web Cam, utilizándola según las especificaciones del fabricante, de igual forma que hemos utilizado el hardware según los fabricantes.



Figura 42.- Imagen de la Webcam tomada del panel frontal

### 6.2.3.- Estructuras y elementos de programación

Para realizar un programa dentro de cualquier lenguaje se requiere conocer el manejo de las estructuras que gobiernan un algoritmo. LabVIEW también cuenta con estas estructuras.

Para el desarrollo de nuestra aplicación se han utilizado tres tipos de estructuras:

- Los ciclos While Loop
- Las secuencias planas (flat sequence structure).
- Estructura Case true/false.

Cada estructura ejecuta su *subdiagrama* de acuerdo con las reglas específicas que rigen su comportamiento.

Un *subdiagrama* es una colección de nodos, cables y terminales situados en el interior del rectángulo que constituye la estructura. El *While Loop* únicamente tiene un subdiagrama, el *Sequence Structure*, sin embargo, puede tener múltiples subdiagramas. El caso de la estructura true/false nos da dos casos uno en el que es cierto y otro en el que es falso. Los subdiagramas se construyen del mismo modo que el resto del programa.

### 6.2.3.1.- LOS CICLOS WHILE LOOP

Es el equivalente al bucle *While* empleado en los lenguajes convencionales de programación. Sirven para hacer que una secuencia de instrucciones se repitan una cantidad de veces, siempre y cuando una afirmación sea verdadera. En el LabVIEW se ejecutarán las funciones que se encuentren dentro del cuadro de ciclo, tomando los valores que quedaron almacenados en la frontera de entrada, y sacando los resultados a la frontera de salida.

Al seleccionar un While Loop y situarlo en el diagrama de bloques, un botón de stop aparece en el diagrama de bloques y está conectado al terminal condicionado por la estructura. La condición que se le puede asignar para que se repita el ciclo puede ser:

- Stop si es verdad ...
- Continúa si es verdad ...
- Stop si es error ...
- Continúa mientras hay error...

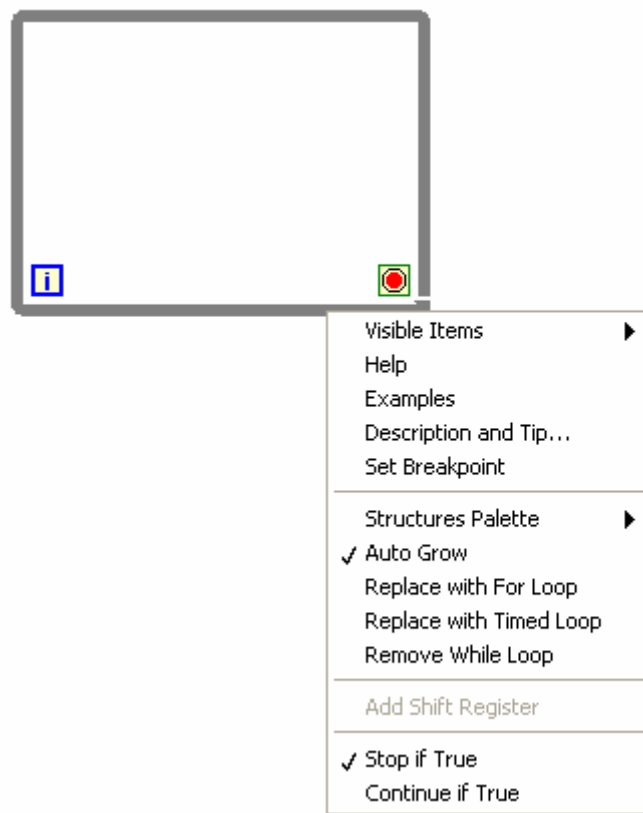


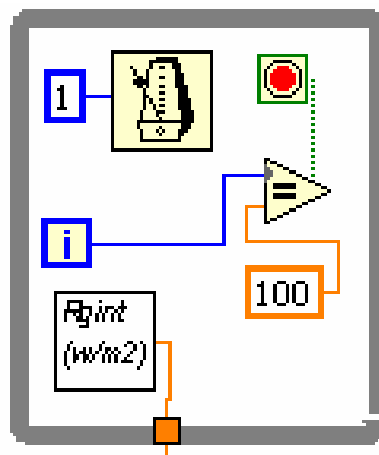
Figura 43.- Configuración de la estructura While Loop con condicionante Stop if true



En la aplicación desarrollada se han utilizado las estructuras While Loop en los siguientes casos:

### CASO 1

Emisión de señales continuas cada 1 milisegundo con stop si es igual a 100. Es decir emite señal de salida una vez recogidas 100 señales. Al probar sin esta estructura, se percibió que la señal emitida contenía muchos picos debido a que las señales de radiación suelen ser así. Hemos procedido a realizar un While Loop con el objetivo de emitir señales cada 100 recogidas, de tal forma que posteriormente pasamos a hallar la media de estas 100 señales recogidas. De esta forma filtramos la señal.



**Figura 44.- Ciclo While Loop para recoger 100 muestras**

### CASO 2

Para la ejecución de los VIs de la aplicación, hemos pasado a instalar un While Loop con condicionante Stop if true que acoge al resto de elementos.

Este While Loop esta accionado por un botón de Stop. De esta forma podemos controlar la parada de todos los VIs y por extensión de todos los sensores instalados.

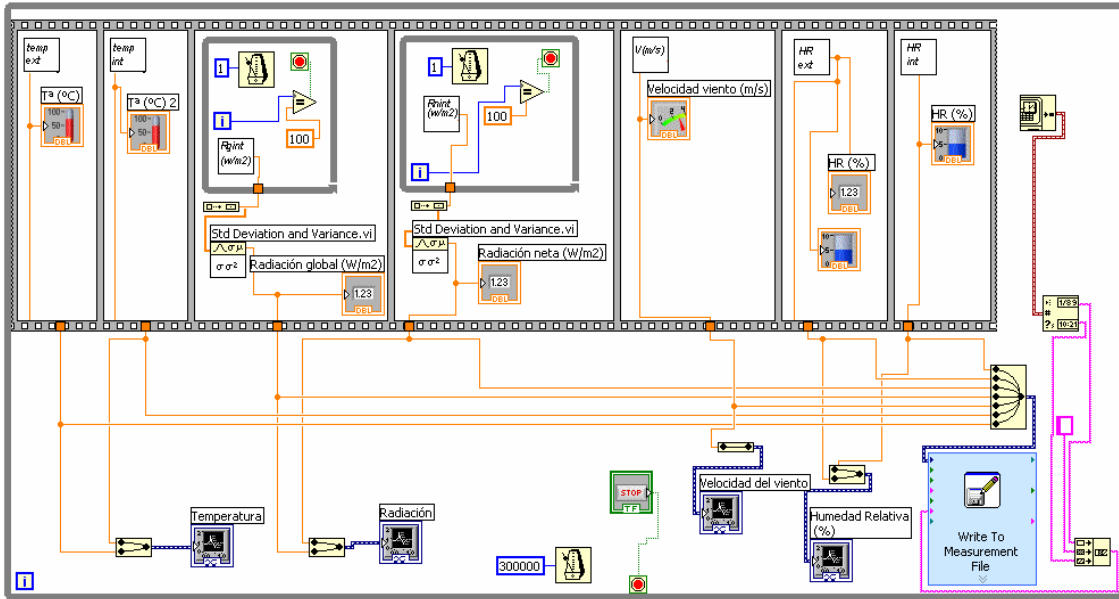


Figura 45.- Ciclo While Loop general

CASO 3

El funcionamiento de la Webcam ha sido desarrollado en una estructura While Loop con objeto de que la cámara funcione continuamente con la condición: continue if true. De esta forma la cámara emite continuamente imágenes, un interruptor del modo on-off gobierna la condición del While Loop, desactivando la cámara cuando es posicionado en off.



While Loop general, que engloba el del caso 2. Este While Loop tiene la condición continue if true y esta está unida a la constante true. De esta forma siempre funciona esta estructura atendiendo a las peticiones del interior de la misma. Con esta estructura se posibilita que se pueda parar y encender la aplicación con el interruptor general del caso 2.

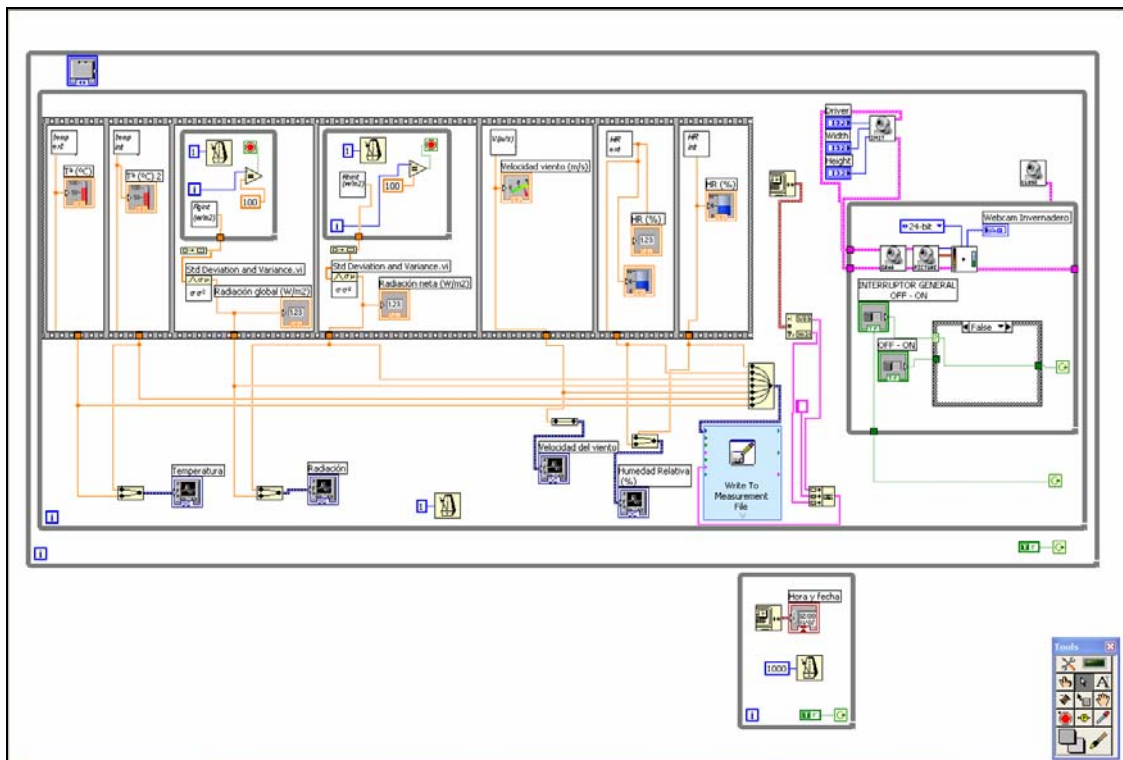


Figura 48.- Ciclo While Loop general Incluyendo reloj y fecha

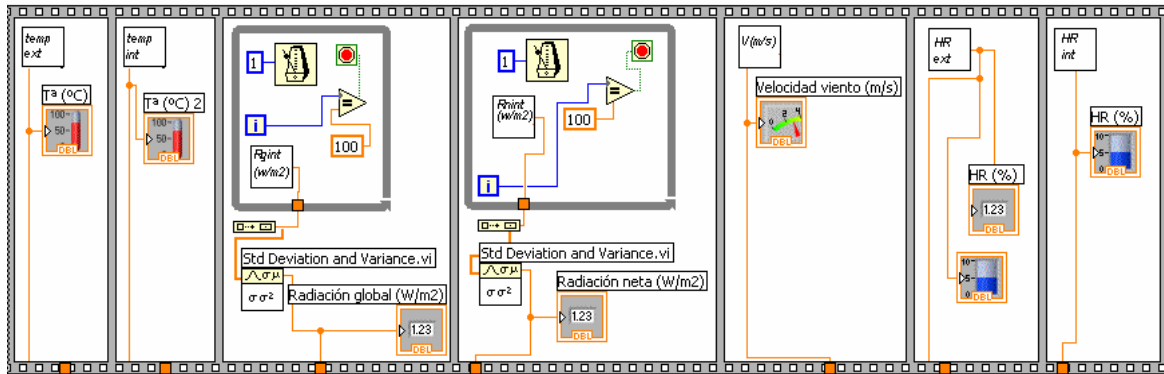
### 6.2.3.1.- LA ESTRUCTURA FLAT SEQUENCE

A la hora de recoger los datos de los diferentes VIs nos encontramos que los VIs no tomaban los datos de forma ordenada. Además no se tomaban todas las lecturas, ya que cada módulo SCC, según la configuración del DAQ assistant de cada VI, intentaba tomar lecturas simultáneas de los dos canales que tiene, por lo que no podíamos tomar lectura.

Esto se solucionó instalando una estructura Flat Sequence que consiste en uno o más subdiagramas o marcos que se ejecutan secuencialmente. Esta estructura nos permitió asegurar que un subdiagrama se ejecutara antes o después de otro subdiagrama, permitiendo así la lectura primero de un canal y después de otro.

Los marcos en una estructura de secuencia plana se ejecutan de izquierda a derecha y sólo cuando todos los valores de datos conectados de un marco están disponibles. Los datos dejan el marco cuando el marco se termina de ejecutar.

Así, esta estructura ha sido utilizada para ejecutar secuencialmente los SubVI correspondientes a cada sensor.



**Figura 49.- Ciclo flat sequence**

Según lo explicado anteriormente, la primera secuencia en ejecutarse será la correspondiente a la temperatura exterior, ejecutándose posteriormente la correspondiente al otro canal del mismo módulo SCC: HR exterior.

**6.2.3.3.- LA ESTRUCTURA CASE TRUE/FALSE**

Esta estructura tiene uno o más subdiagramas o casos y cada uno de ellos se ejecuta cuando la estructura se ejecuta.

Se ha instalado este tipo de estructura para realizar el stop de la Webcam. La estructura utilizada tiene dos casos, uno trae y otro false.

El caso true implica que la estructura While Loop que hace que funcione continuamente la Webcam, sea gobernada por el interruptor de on-off de la propia estructura While Loop

El caso false implica que la estructura While Loop de la cámara sea gobernada con el interruptor on-off del While Loop general.

De esta forma conseguimos que si el botón general esta en ON la Webcam es gobernada bajo su propio interruptor (el cual puede estar a su vez en ON o OFF). En cambio, si el botón general está en OFF la Webcam se desactiva.

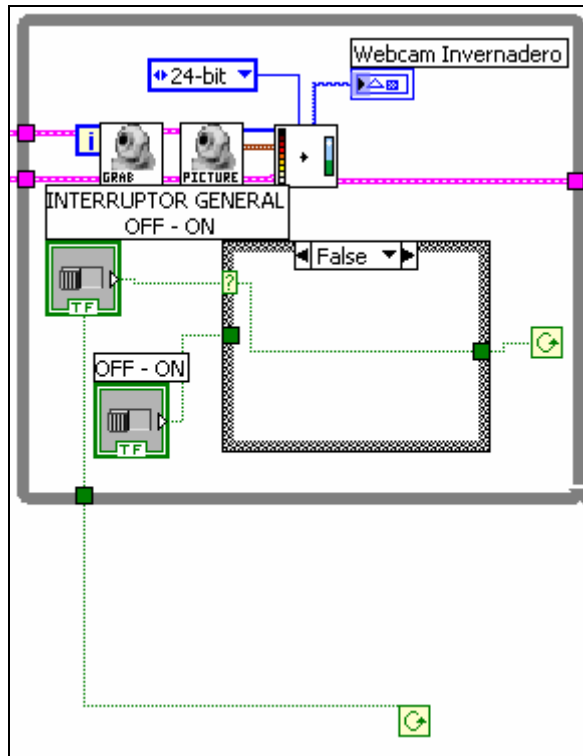


Figura 50.- Estructura Case True/False en la opción False

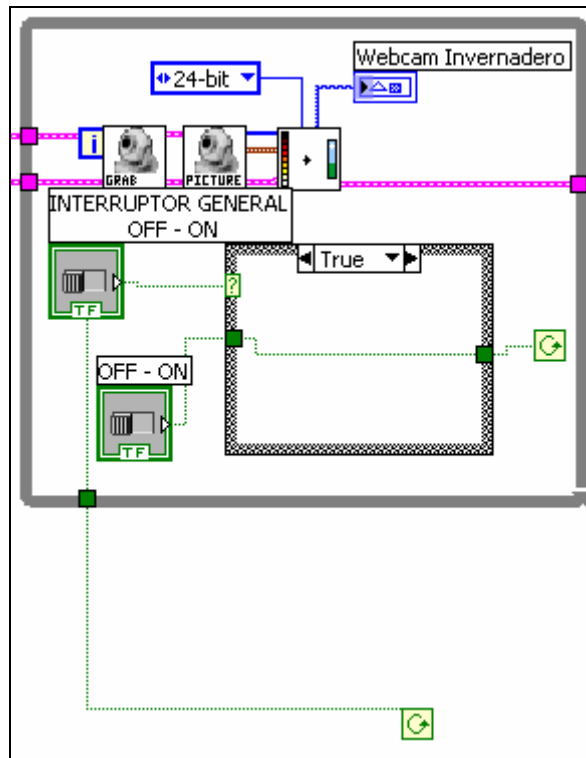
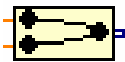


Figura 51.- Estructura Case Trae/False en la opción True

### 6.2.4.- Otros elementos de programación

Para desarrollar la aplicación ha sido necesaria la utilización de otros elementos de programación. Se detallan a continuación:



Converge señales en una sola señal de salida combinada.



Icono de grafica de datos. Muestra en el panel frontal los datos entrantes como una grafica. Existen 4 graficas en el panel frontal, están en la pestaña Histórico.

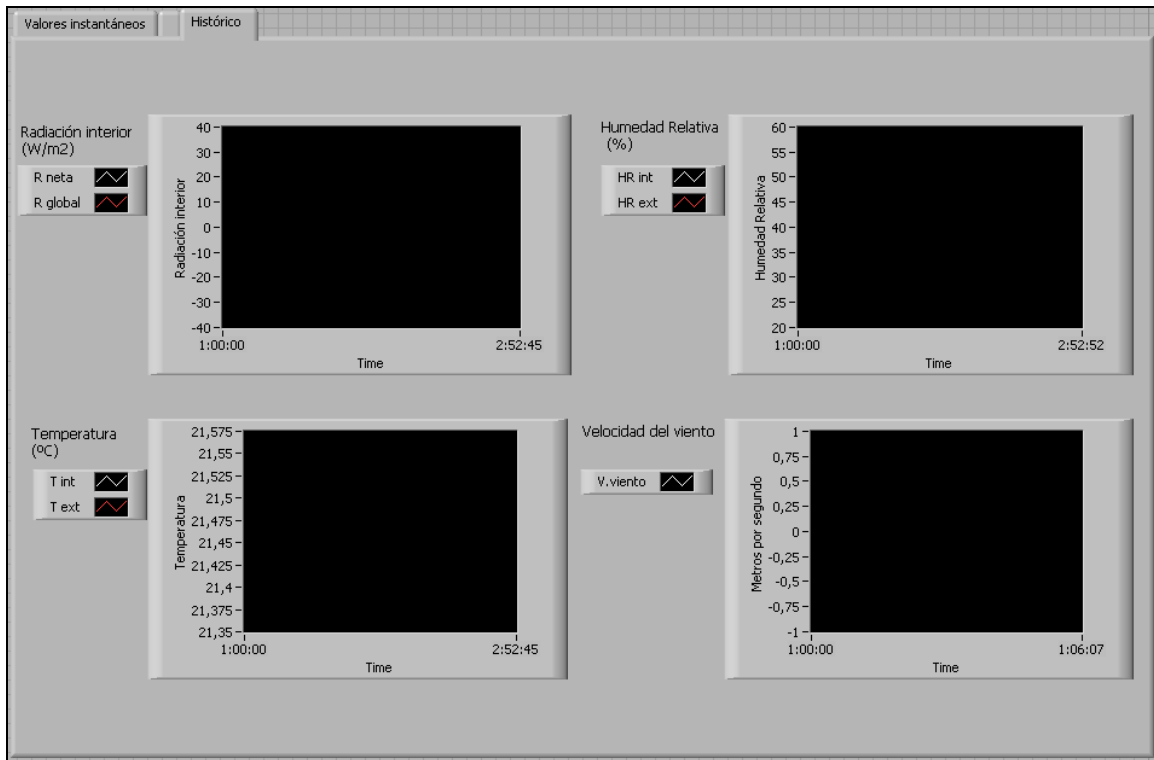


Figura 52.- Panel frontal en la pagina de histórico



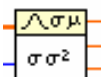
Espera hasta los próximos milisegundos asignados. Se utiliza para sincronizar actividades. Un subdiagrama que contiene este icono, no emite señal hasta que no se ha completado el tiempo de espera fijado.



Botón de stop. Un While Loop con condicionante stop if is true unido al botón stop, implica que se parará la estructura si se pulsa el botón stop.

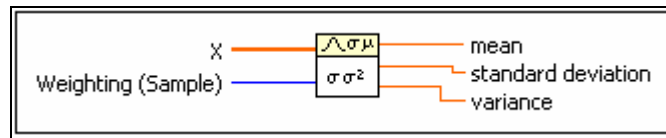


Converge señales en una sola salida. Ha sido utilizado para converger todas las señales de los sensores y enviarlas a un archivo de Excel.



Calcula la media, la desviación estándar y la varianza de los valores de la entrada, en nuestro caso hemos sacado la media de los valores obtenidos de la estructura While Loop de los VI de radiación.





### 6.3.- Funcionamiento de la aplicación

Una vez explicados los componentes de la aplicación, explicamos el funcionamiento conjunto de la misma.

La aplicación está desarrollada bajo 2 estructuras While Loop. La primera estructura es la general, que contiene a todos los elementos descritos anteriormente (VIs de sensores, Webcam, graficas, almacenamiento de datos) y la segunda es la que contiene la fecha y la hora.

#### ***Estructura general***

Los DAQassistants toman lectura de los correspondientes sensores y emiten la señal al correspondiente indicador del panel frontal. Esto se hace de forma ordenada al estar dentro de la estructura flat sequence. En el caso de la radiación neta y de la radiación global se realiza una media de las 100 primeras muestras para que la indicación en el panel frontal no tenga tantos picos.

Una vez tomadas todas las lecturas, están salen del flat sequence y pasan al histórico de graficas, las cuales están en la segunda pestaña del panel frontal. Ya tenemos todos los datos mostrados.

Después de que todos los indicadores estén mostrando las lecturas correspondientes, estas se almacenan en un archivo mediante los algoritmos que se detallan en el capítulo 7.

A su vez la Webcam va tomando imágenes de forma continua todo el tiempo, mostrando las imágenes en el panel frontal, la cual posee un interruptor que permite desactivarla.

Toda esta estructura general está controlada con interruptor general ON-OFF que permite interrumpir la aplicación.

### ***Estructura de fecha y hora***

Nos muestra la fecha y la hora de forma continua durante todo el tiempo que esta funcionando la aplicación.

## **Capitulo VII.- Comprobación y verificación de equipos y software**

### **7.1.- Introducción**

La verificación de la veracidad de los datos obtenidos estará enfocada en el funcionamiento de la aplicación. Para ello se ha procedido a desarrollar diferentes herramientas que nos permitirán controlar la aplicación:

- Puesta en marcha de la aplicación, almacenando y generando un archivo que nos permita analizar en Excel los resultados obtenidos.
- Desarrollo de un VI que nos permite visualizar lo que esta ocurriendo en el invernadero por medio de una Webcam.
- Acceso vía Internet a la aplicación, pudiendo visualizar el sinóptico de la aplicación, y por tanto las medidas de los sensores y la Webcam.

### **7.2.- Exportación de datos obtenidos**

Se ha procedido a generar un VI que nos permite guardar los datos obtenidos en un fichero de texto.

### 7.2.1.- Descripción de los elementos en el diagrama de bloques

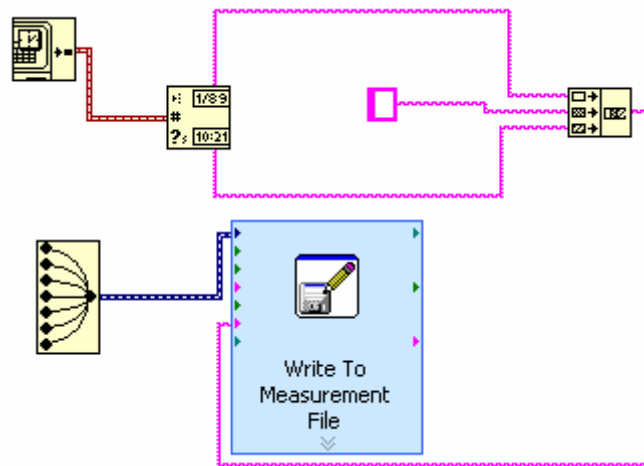


Figura 53.- Diagrama de bloques del VI para exportación de datos.



Este Express VI nos permite generar un archivo de datos de texto a partir de las señales de entrada asignadas, que en nuestro caso son las señales emitidas por los VI de los sensores. La configuración del mismo es la que se muestra en la siguiente figura:

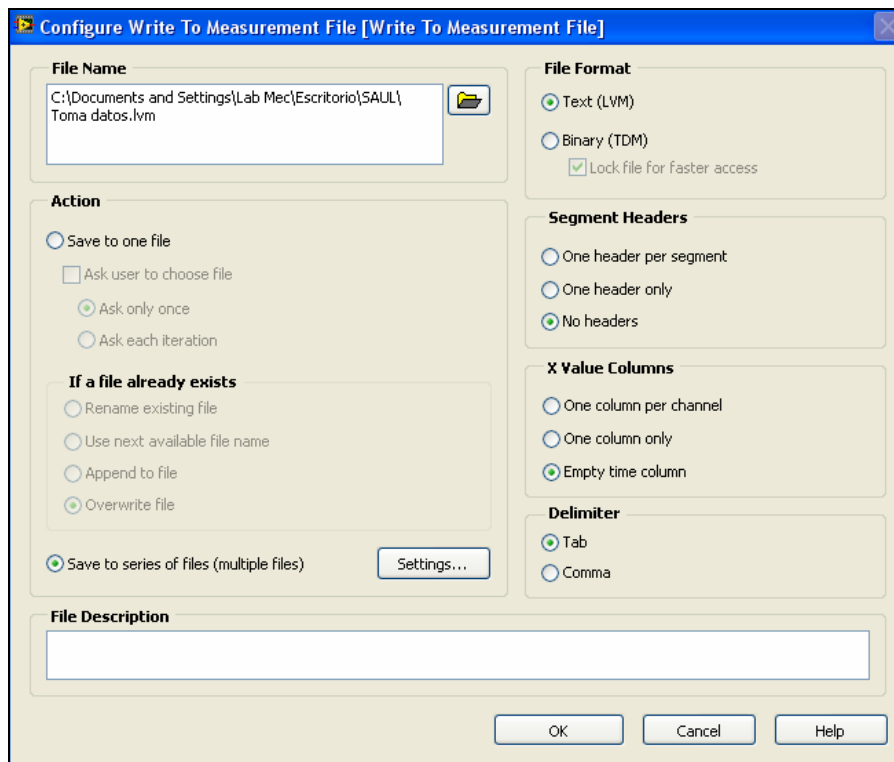


Figura 54.- Configuración del Express VI para el almacenamiento de datos.

Se ha configurado para que guarde los datos en el archivo tomadosatos.lvm, esto se va a hacer sin ningún tipo de encabezamientos y dejando los datos separados por una tabulación. Además se le ha especificado que genere un archivo nuevo por cada vez que se ejecute la aplicación para que no se sobrescriba sobre el mismo archivo.

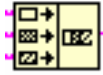
Al VI write to measurement file le hemos añadido una serie de comentarios para que la grabación se haga de forma correcta, con este objeto se han creado los siguientes elementos.



*Get Date/Time In Seconds*: Obtiene el dato de fecha y tiempo transcurridos.



*Get Date/Time String*: Convierte un valor de tiempo o un valor numérico a la fecha y a la hora del ordenador.



*Concatenate Strings*: Encadena conexiones de entrada y las series de conexiones en una salida sola. Para entradas de serie, esta función encadena cada elemento de la serie.

Encadenando de la forma que se muestra en la siguiente figura estas tres ultimas funciones, conseguimos que a los datos grabados al archivo se le añada la fecha y hora del ordenador en el momento de la adquisición de los datos.

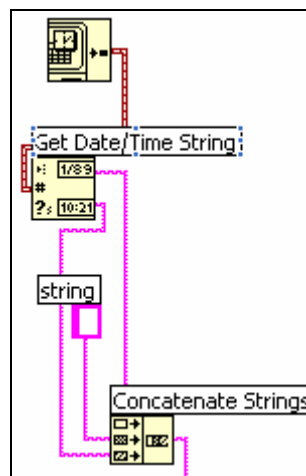


Figura 55.- Diagrama de bloques para el almacenamiento de datos

### 7.2.2.- Datos generados por la aplicación

El archivo generado por la aplicación está en formato .lvm están separados por una tabulación. El intervalo de tiempo en el que se escriben los datos es cada 5 minutos. La apariencia de los datos sería la siguiente:

The screenshot shows a Microsoft Word document titled 'Toma datos\_06-12-04\_1335\_001'. The text is formatted in Courier New font and consists of 21 rows of data. Each row contains six columns of numerical and date-time values.

22.047136	50.370189	10.131268	15.425173	2.500000	22.043891
50.655703	04/12/2006	13:35			
22.011446	50.477257	7.373547	-1.897927	1.666667	22.115271
50.555124	04/12/2006	13:40			
22.102293	50.172276	28.948660	-27.376565	0.833333	22.069847
50.308544	04/12/2006	13:45			
22.128249	50.071697	17.593337	24.949904	0.833333	22.125004
50.558369	04/12/2006	13:50			
22.251540	49.958140	39.492890	-3.326636	0.833333	22.121760
50.727082	04/12/2006	13:55			
22.157449	50.023030	26.028720	-20.590200	0.833333	22.073092
50.545391	04/12/2006	14:00			
22.293719	49.893250	14.024521	-18.863844	0.833333	22.053625
50.607036	04/12/2006	14:05			
22.105537	49.831605	31.544163	-8.029470	1.250000	22.189895
50.623258	04/12/2006	14:10			
22.316431	49.808894	20.351058	6.793387	0.833333	22.267763
50.561613	04/12/2006	14:15			
22.225584	49.828361	-6.739495	21.140012	0.833333	22.280741
50.425345	04/12/2006	14:20			
22.433233	49.471468	25.379844	23.818842	0.833333	22.290475
50.701126	04/12/2006	14:25			
22.339142	49.578536	0.398135	-3.981461	0.833333	22.319675

Figura 56.- Presentación de los datos almacenados en formato \*.lvm

Una vez generado el archivo procedemos a copiar y a pegar los datos en Excel, automáticamente los datos quedan ordenados por columnas, creando los correspondientes encabezamientos tenemos los datos de la siguiente forma:

The screenshot shows Microsoft Excel with the data from Figure 56 pasted into a spreadsheet. The columns are labeled with headers: T° Exterior, HR Exterior, Rad. Global, Rad. Neta, Vel. Viento, T° Interior, HR Interior, and Fecha y hora.

	T° Exterior	HR Exterior	Rad. Global	Rad. Neta	Vel. Viento	T° Interior	HR Interior	Fecha y hora
3	22,047	50,370	10,131	15,425	2,500	22,044	50,656	04/12/2006 13:35
4	22,011	50,477	7,374	-1,898	1,667	22,115	50,555	04/12/2006 13:40
5	22,102	50,172	28,949	-27,377	0,833	22,070	50,309	04/12/2006 13:45
6	22,128	50,072	17,593	24,950	0,833	22,125	50,558	04/12/2006 13:50
7	22,252	49,958	39,493	-3,327	0,833	22,122	50,727	04/12/2006 13:55
8	22,157	50,023	26,029	-20,590	0,833	22,073	50,545	04/12/2006 14:00
9	22,294	49,893	14,025	-18,864	0,833	22,054	50,607	04/12/2006 14:05
10	22,106	49,832	31,544	-8,029	1,250	22,190	50,623	04/12/2006 14:10
11	22,316	49,809	20,351	6,793	0,833	22,268	50,562	04/12/2006 14:15
12	22,226	49,828	-6,739	21,140	0,833	22,281	50,425	04/12/2006 14:20
13	22,433	49,471	25,380	23,819	0,833	22,290	50,701	04/12/2006 14:25
14	22,339	49,579	0,398	-3,981	0,833	22,320	50,532	04/12/2006 14:30
15	22,531	49,601	17,918	-15,233	0,833	22,362	50,218	04/12/2006 14:35
16	22,582	49,332	2,183	26,498	0,833	22,631	50,221	04/12/2006 14:40
17	22,641	49,387	21,487	-5,172	0,417	22,411	50,328	04/12/2006 14:45
18	22,813	49,293	9,807	-26,424	0,000	22,605	50,205	04/12/2006 14:50
19	22,774	48,975	15,971	23,997	0,833	22,615	50,224	04/12/2006 14:55
20	22,930	48,764	28,462	24,116	0,000	22,719	50,091	04/12/2006 15:00
21	22,339	49,578	0,398	-3,981	0,833	22,320	50,532	04/12/2006 14:30

Figura 57.- Presentación de los datos almacenados en Excel.

### 7.3.- Análisis de los datos obtenidos

#### Análisis de datos generados durante 24 horas

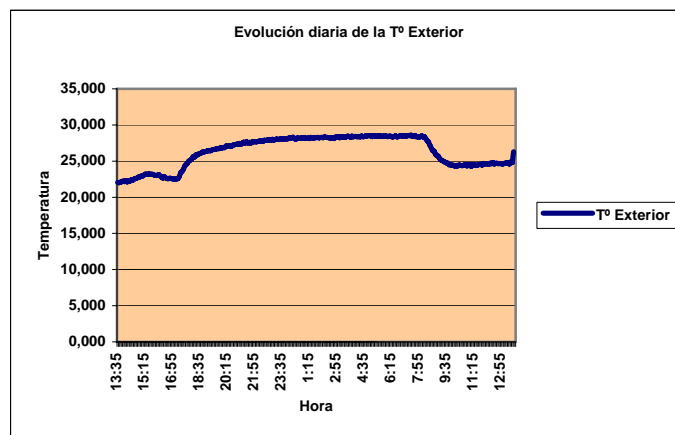
Una vez tomados los datos durante 24 horas y exportados a Excel, pasamos a elaborar diferentes graficas que nos permiten analizar los resultados obtenidos. Todos las graficas y análisis estadísticos hechos se podrían haber realizado con LabVIEW, no obstante se ha preferido realizar en Excel para reafirmar la exportabilidad y el tratamiento de los datos obtenidos en un software diferente.

Los valores adquiridos durante las 24h que ha estado en marcha la aplicación, están dentro de lo esperado.

En cuanto a la temperatura, se puede observar como la temperatura exterior se ha mantenido a lo largo del día por encima de la temperatura interior, lo cual era de prever. También se observa la diferencia entre la temperatura nocturna y diaria.

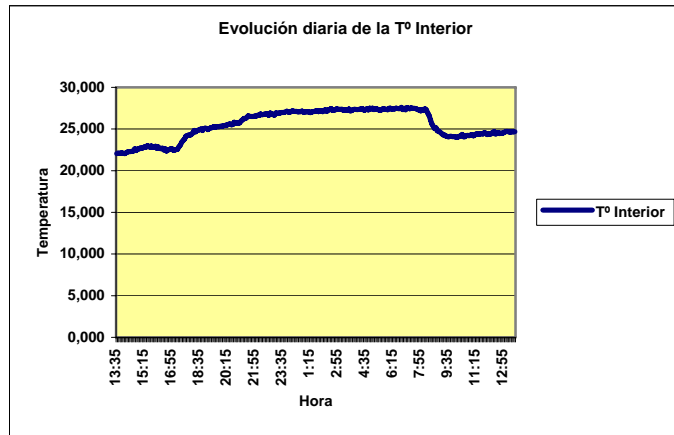
Media diaria Temperatura exterior → 26,300 °C

Media diaria Temperatura Interior → 25,503 °C

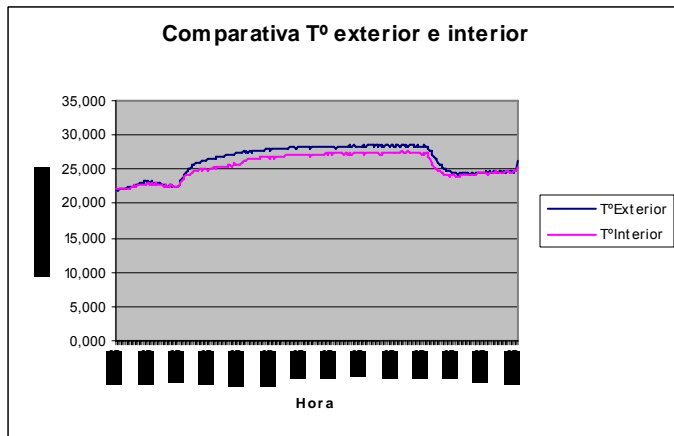


**Grafica 2.- Evolución diaria de la Temperatura Exterior**





**Grafica 3.- Evolución diaria de la Temperatura Interior**

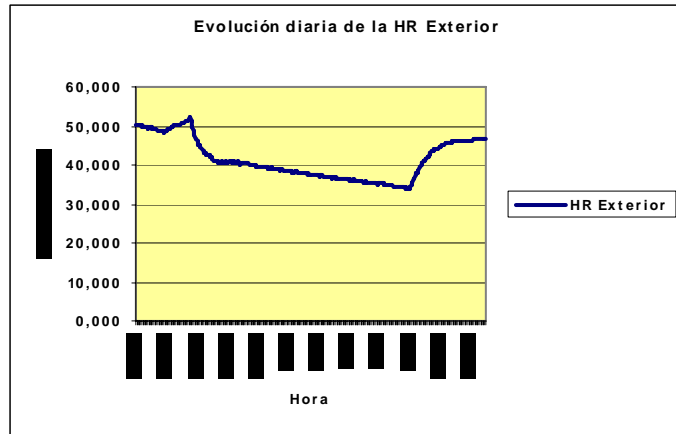


**Grafica 4.- Comparativa de la evolución diaria de las temperaturas exterior e interior**

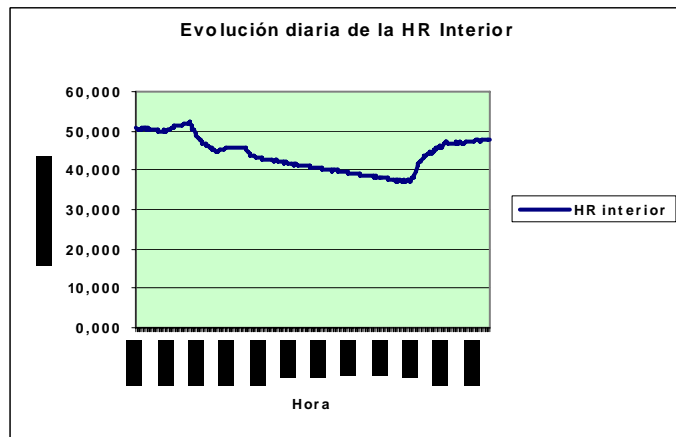
La HR interior se mantiene por encima de la exterior como también se esperaba, produciéndose los mayores valores de HR a lo largo de la noche y disminuyendo en el día.

Media diaria HR Exterior → 41,361 %

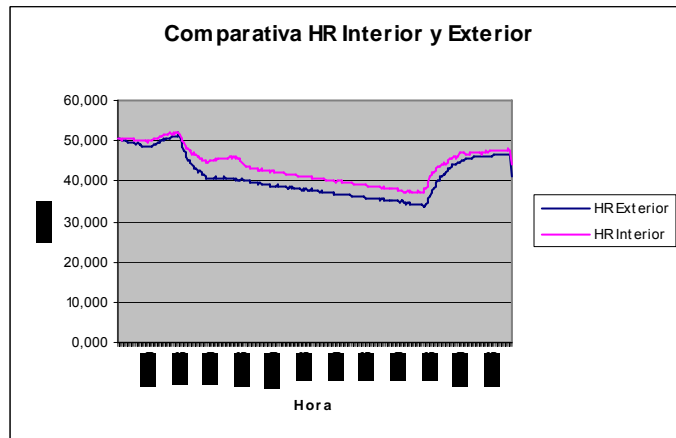
Media diaria HR Interior → 44,038 %



**Grafica 5.- Evolución diaria de la HR Exterior**



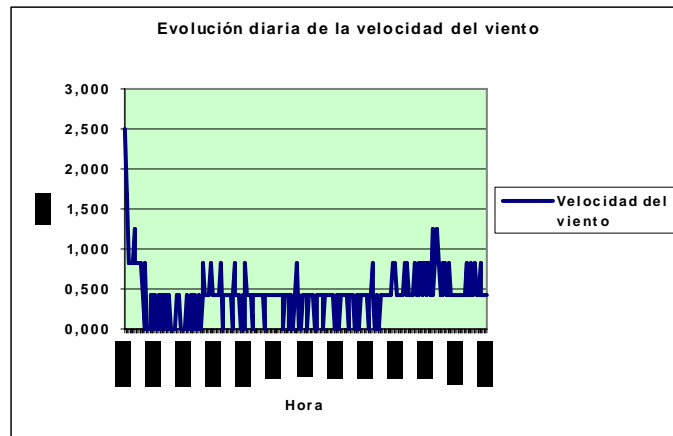
**Grafica 6.- Evolución diaria de la HR Exterior**



**Grafica 7.- Comparativa de la evolución diaria de las HR exterior e interior**

En cuanto a la velocidad del viento, los valores han variado en cuanto se ha modificado la velocidad del ventilador que estaba generando la corriente de aire. Así se puede observar que los valores obtenidos no han presentado ninguna anomalía.

Media diaria Velocidad del Viento → 0,417 m/s



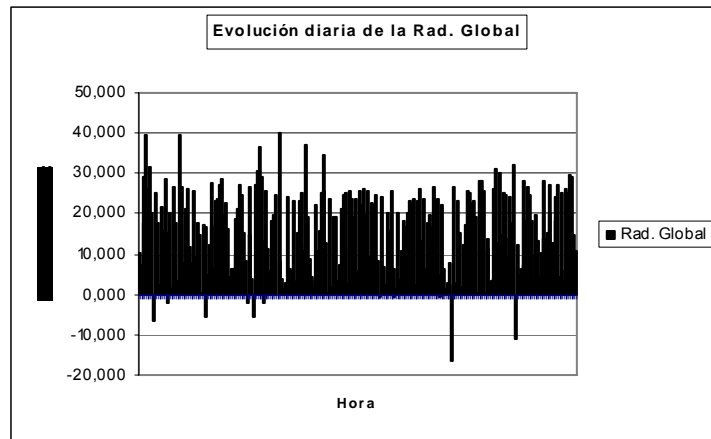
**Grafica 8.- Evolución diaria de la velocidad del viento**

Los datos obtenidos referentes a la radiación si requieren alguna aclaración. Dado que la maqueta del invernadero ha sido instalada en el interior de un edificio de la UPCT, se ha instalado una luz artificial de bombilla incandescente de 100 W. La iluminación recibida por los sensores ha sido mínima. De esta forma, revisando lo expuesto en el Capítulo IV en lo referente al error de lectura de este tipo de transductores de radiación global solar, recordamos que el margen de error del mismo es elevado (error del 3%) y haya que tenerlo en consideración ( $\pm 30 \text{ W/m}^2$ ).

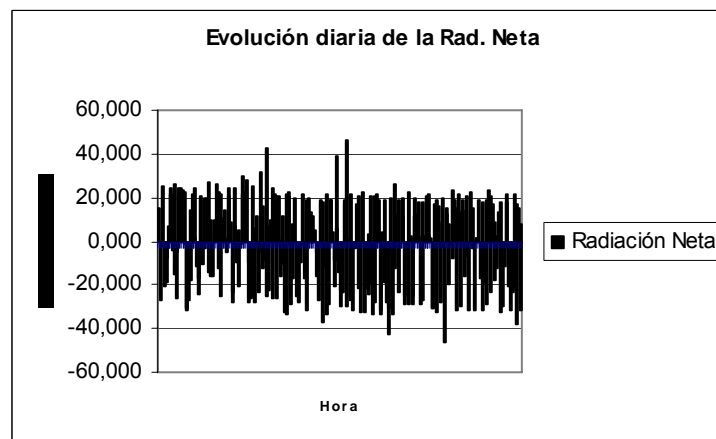
En cuanto a la radiación neta, los valores obtenidos son poco fiables al no poderse realizar correctamente, debido a la baja intensidad de iluminación, el conjunto de intercambios por radiación de longitud de onda corta y de longitud de onda larga.

Media diaria Radiación Global → 14,34 W/m<sup>2</sup>

Media diaria Radiación Neta → -1,275 W/m<sup>2</sup>

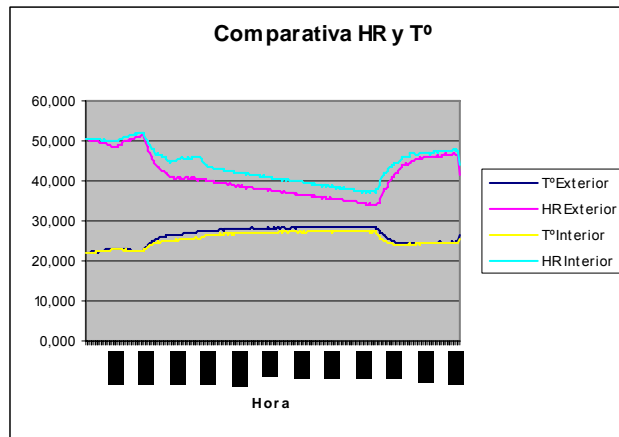


**Gráfica 9.- Evolución diaria de la Radiación Global**



**Gráfica 10.- Evolución diaria de la Radiación Neta**

Ya por último se adjunta una grafica donde se puede apreciar la interrelación de la variación entre HR y T°.



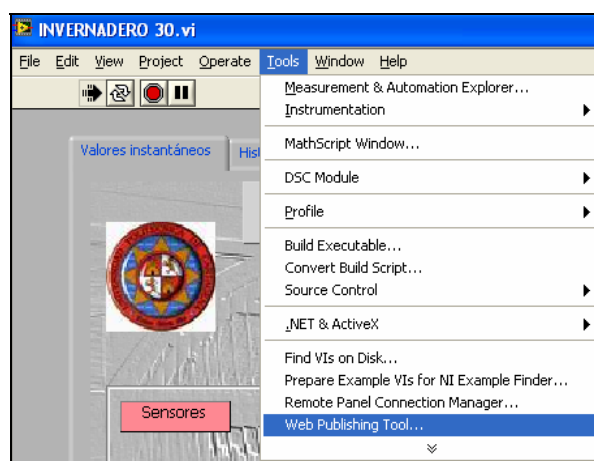
**Grafica 11.- Comparativa de la evolución diaria de las HR y Temperaturas.**

## 7.4.- Acceso vía Web a la aplicación

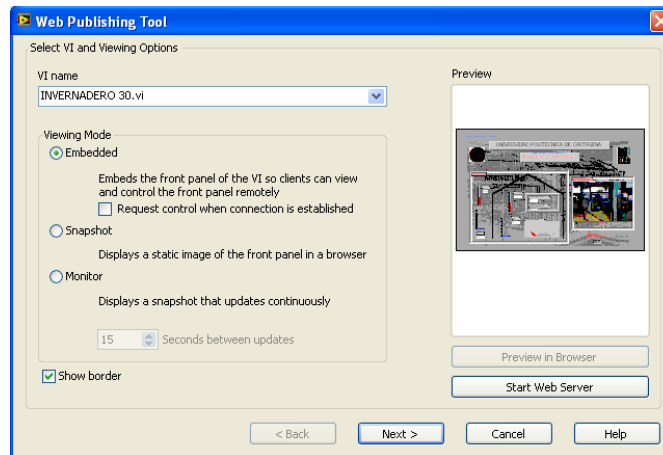
Dado que en la sociedad, el uso de Internet esta ampliamente difundido, se le ha querido dotar a la aplicación de acceso vía Internet. De esta forma se hace posible acceder a la aplicación en tiempo real, pudiendo incluso ejercer el control sobre ella.

Los archivos correspondientes a la aplicación están almacenados en el PC en el que se ha desarrollado la misma, el cual actúa como servidor.

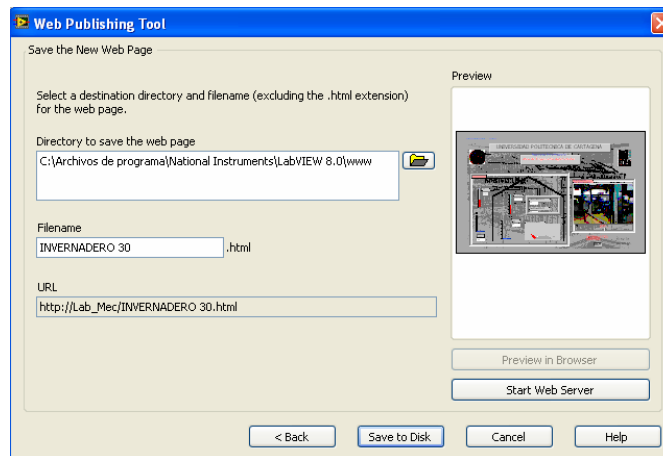
Para publicar vía Web la aplicación se ha utilizado el Web Publishing Tool de LabVIEW. Se ha configurado según se detalla en las siguientes figuras.



**Figura 58.- Acceso al Web Publishing Tool**



**Figura 59.- Configuración de la publicación en Internet (1)**



**Figura 60.- Configuración de la publicación en Internet (2)**

La configuración en la que se puede publicar vía Web es variada, pudiendo elegir para que el cliente que acceda por la Web pueda tener control sobre la aplicación o sólo visualizarla.

Como se puede observar, el invernadero ha quedado publicado en la pagina [http://lab\\_mec/invernadero.html](http://lab_mec/invernadero.html) a esta pagina se puede tener acceso desde cualquier ordenador con acceso a Internet que tenga instalado LabVIEW 8, que ha sido el programa en el que ha sido desarrollada la aplicación. No obstante, queda abierta la posibilidad, como mejora, de desarrollar un Run-time. Es un pequeño programa el cual permitiría cargar la aplicación en cada cliente, sin necesidad de que el ordenador tuviese instalado LabVIEW.

El número de clientes que pueden acceder no está limitado, en cambio, sólo puede ejercer control sobre la aplicación el primer cliente que accede. Así, se evita que ocurran órdenes cruzadas que desestabilizarían el sistema.

## Capítulo VIII.- CONCLUSIONES

Se ha podido desarrollar un sistema de adquisición de datos climáticos, para estudiar la interrelación entre las variables climáticas dentro de la maqueta de invernadero ubicada en las dependencias de la UPCT.

El sistema desarrollado permite obtener lecturas continuas de las variables climáticas:

- Temperatura del aire (interior y exterior)
- Humedad del aire (interior y exterior)
- Velocidad del viento (interior)
- Radiación Neta (interior)
- Radiación Global Solar (interior)

Las lecturas obtenidas por los diferentes transductores entran dentro de los márgenes esperados, no habiéndose registrado anomalías en el proceso.

Usando el software de programación LabVIEW, se ha creado un entorno de información al usuario que permite consultar desde el panel frontal, el estado de las variables climáticas de forma conjunta. Desde este panel, también se puede acceder a una sección de historial de datos. En esta sección se muestran una serie de gráficas de cada variable climática, estas gráficas reflejan el historial de los datos adquiridos durante el tiempo que ha sido ejecutada la aplicación.

Igualmente, se puede visualizar el invernadero en tiempo real desde el panel frontal, gracias a la incorporación de una Webcam a la aplicación desarrollada.

La aplicación creada, exporta y almacena de forma automática a un fichero de texto, los datos climáticos adquiridos. Este fichero de texto, se ha utilizado para el análisis en Microsoft Excel, quedando reflejada plenamente la compatibilidad del mismo.

Desde la aplicación desarrollada se permite iniciar e interrumpir el funcionamiento del sistema de adquisición de datos creado.

Se ha conseguido, que cualquier usuario, con el software de programación LabVIEW instalado en su ordenador, pueda acceder a través de Internet al control de la aplicación desarrollada. Para tal uso, la dirección de la página web es



[http://lab\\_mec/invernadero.html](http://lab_mec/invernadero.html), la cual quedará activada en el momento que se estime oportuno.

## Capítulo IX.- BIBLIOGRAFIA

MANDADO PEREZ, E.; MARCOS ACEVEDO, J.; FERNÁNDEZ SILVA, C.; ARMESTO QUIROGA, J.; PÉREZ LÓPEZ, S. 2004. Autómatas programables, entorno y aplicaciones. Ed. Thomson, Paraninfo S.A. 463-506.

PALLÁS ARENY, R., 2003. Sensores y acondicionadores de señal. Ed. Marcombo S.A., ISBN: 84-267-1344-0.

Nacional Instruments. The Measure and Automation Catalog 2004

VELASCO BALLANO, J.; ORIOL VELILLA, M.; OTERO ARIAS, J., 1998. Sistemas electrotécnicos de Potencia., Ed. Paraninfo, 1-46.

ALPI, A.; TOGNONI, F. 1999. Cultivo en invernadero. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 347 pp.

BAIXAULI, C. 1996. Aspectos prácticos del control ambiental para hortalizas en invernadero. Ed. Fundación Cultural y de Promoción Social. Caja Rural Valencia.

BENAVENTE, R.M.; GARCÍA, J.L.; PASTOR, M.; LUNA, L.; NOLASCO, J. 2000. Sistemas para la automatización de los invernaderos. Vida Rural Nº 118. 66-70.

DÍAZ, J.R.; PÉREZ, J. 1994. Tecnología de invernaderos. Curso superior de especialización. Ed. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería (FIAPA). Almería. 352 pp.

LORENZO, P.; SÁNCHEZ-GUERRERO, M.C.; MEDRANO, E.; PÉREZ, J.; MAROTO, C. 1997. El enriquecimiento carbónico en invernadero del Sur Mediterráneo. Horticultura. Nº 118. 66-67

MAROTO, J.V. 2000. Elementos de Horticultura General. Ed. Mundi-Prensa. 424 pp.

MATALLANA, A; MONTERO, J.I. 1995. Invernaderos. Diseño, construcción y ambientación. Ed. Mundi-Prensa. 207 pp.

MONTERO, J.I.; ANTÓN, M.A. 1993. Tecnología del invernadero. Ed. Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Buenos Aires. 128 pp.

NAVARRO, J.A. 1999. Pantallas térmicas para el control ambiental en invernadero. Plantflor. Cultivo y Comercio. Año 12. Nº 3. 20-24.

SERRANO, Z. 1983. Invernaderos. Instalación y manejo. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 427 pp.

SERRANO, Z. 1990. Técnicas de Invernadero. Ed. el autor. Sevilla. 644 pp.

VALERA, D.L.; MOLINA, F.; PEÑA, A.A.; PÉREZ, J.; URRESTARAZU, M. 1999. Gestión del clima en invernaderos de Almería. Plantflor. Cultivo y Comercio. Año 12. Nº 3. 40-43.

VILARNAU, A. 1997. El CO<sub>2</sub> en la horticultura. Horticultura N° 118. 64-70.

DÍAZ, J.R.; PÉREZ, J. 1994. Tecnología de invernaderos. Curso superior de especialización. Ed. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería (FIAPA). Almería. 352 pp.



ANEXO I: Especificaciones Técnicas del  
Hardware

**ANEXO I: Especificaciones Técnicas del  
Hardware**

**Título del Proyecto:** Desarrollo de un sistema para la adquisición de datos climáticos en un invernadero utilizando LABVIEW

**Autor:** Saúl Vázquez López

**Directores:** José Miguel Molina Martínez, Bernardo Martín Górriz

**INDICE ANEXO I**

<b>1</b>	<b>Objeto del presente anejo.....</b>	<b>94</b>
<b>2</b>	<b>Resultados. ....</b>	<b>94</b>

## 1.- OBJETO DEL PRESENTE ANEJO

El objetivo del presente anejo es el de precisar todos datos referentes a las especificaciones técnicas de los componentes utilizados en el presente proyecto.

## 2.- RESULTADOS

### **ANEMOMETRO**

#### **Especificaciones Técnicas del A100R**

##### ***Funcionales***

Velocidad de arranque:  $0.2\text{ms}^{-1}$

Velocidad máxima:  $>75\text{ms}^{-1}$

Precisión:  $\pm 0.1\text{ms}^{-1}$ ;  $\pm 1\%$ ( $10\text{-}55\text{ms}^{-1}$ );  $\pm 2\%$  ( $>55\text{ms}^{-1}$ )

Constante distancia: 2.3m

Calibración: 0.80 revoluciones por metro (1 pulso cada 1.25 metros)

Vida del contacto:  $25 \times 10^9$  operaciones mínimo ( $>20$  años)

##### ***Físicas***

Tamaño: altura 200mm, diámetro 55mm, cable apantallado incluido 3m

Rotor: Standard 150mm de diámetro, 3 cazoletas

Peso: 350g cable Standard incluido

Materiales: aluminio anodizado, acero inoxidable, plásticos ABS para las partes expuestas.

Temperatura de funcionamiento:  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $+50^{\circ}\text{C}$

##### ***Montaje***

Rotor: sistema de sujeción por gravedad patentado permitiendo un montaje y desmontaje rápido.

Anemómetro: tornillo standard (0.25 pulgadas BSW/UNC). El montaje debe hacerse sobre un ángulo inferior a  $15^{\circ}$  de la vertical.

##### ***Eléctricas***

Tensión de conmutación: 72Vdc máx.

Corriente de conmutación: 40mA máx.

Régimen de conmutación: 4W máx. (DC resistivo)

Ciclo de trabajo:  $50\% \pm 5\%$  hasta  $50\text{ms}^{-1}$  ( $\pm 10\%$  hasta  $75\text{ms}^{-1}$ )

Impedancia: resistencia en serie de 120ohm más condensador de 10nF en línea para supresión de interferencias


Tiempo de actuación: 1.5ms

Rebote de interruptor: ninguna

Corriente mínima: ninguna (la duración de vida no se reduce por la utilización en circuitos secos).

## **SENSOR RADIACIÓN GLOBAL**

### **Especificaciones técnicas**

<b>SKS 1110 SPECIFICATIONS</b>									
Dimensions	Weight	Construction	Cable	Sensor	Detector	Filters	Sensitivity -current (1)	Sensitivity -voltage	Working range (2)
	130g. (with 3m cable)	Material Dupont 'Delrin' fully sealed to IP68	2 core screened DEF std 61-12/4.5	Cosine corrected head	Silicon photocell	N/A	5µA/100 W/m <sup>2</sup>	1mV/ 100W/m <sup>2</sup>	0-5000 Wm <sup>2</sup>
Linearity error	Absolute calibration error (3)	Cosine error (4)	Azimuth error (5)	Temperature coefficient	Longterm stability (6)	Response time (7) - voltage output	Internal resistance - voltage output	Temperature range	Humidity range
<0.2%	typ. <3% 5% max.	3%	<1%	±0.2%/°C	±2%	10ns	c.200 ohms	-30 to + 75°C	0-100% RH

**NOTES ON SPECIFICATIONS**

(1) Current output varies from sensor to sensor. Each individual unit will have a slightly different output. A calibration certificate is supplied with each sensor

(2) All Skye sensors will work at levels of irradiance well above that found in terrestrial sunlight conditions, room or growth chamber lighting

(3) Main source of this error is uncertainty of calibration of Reference Lamp. Skye calibration standards are directly traceable to N.P.L. standard references. SKS 1110 is calibrated against Kipp and Zonen reference standard pyranometers in natural light conditions

(4) Cosine error to 80° is typically 5% max. Figures shown are for normal use sources, e.g., sun plus sky, diffuse sun, growth chambers, etc.

(5) Measured at 45° elevation over 360°

(6) Maximum change in one year. Calibration check recommended at least every two years. Experience has shown that changes are typically much less than figures quoted

(7) Times are generally less than the figure quoted, which is in nanoseconds. They may be slightly increased if long leads are fitted, or those of a higher capacity cable

## **SENSOR TEMPERATURA**

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

*Rango de medida* -10 °C hasta + 60°C

*Resolución* 0.2°C

*Precisión* ± 0.3 °C

*Salida* 0 a 1 VDC

*Alimentación* 9 Vdc - 20Vdc

*Rango Temp. de funcionamiento* -20°C / +60°C

*Cable de conexión* 5m

Material de la cubierta resistente a la intemperie y a las condiciones de operación

## **SENSOR HR**

Estos son algunos datos técnicos de interés del sensor de humedad:

Rango de medida 1 a 100 % RH

Resolución ±2%

Salida 0 a 1 VDC

Precisión ±3%

Tiempo de respuesta <15 segundos

Estabilidad típica Mejor ±2% RH

Temperatura de operación -10 °C a +50 °C

Alimentación 9 Vdc - 20Vdc

Cable de conexión 5m

Material de la cubierta resistente a la intemperie y a las condiciones de operación



## **SENSOR RADIACIÓN NETA**

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

#### ***Especificaciones***

*Sensor:* Termopila ennegrecida

*Respuesta espectral:* 0 a 100 $\mu$ m

*Tiempo de respuesta (e-1):* 20s (nominal)

*Sensibilidad:* 10 $\mu$ VW-1m<sup>2</sup> (nominal)

*Rango de salida:*  $\pm$ 25mV

*Rango de medición:*  $\pm$ 2000Wm<sup>-2</sup>

*Rango temperatura:* -30° a 70°C

*Dimensiones:* diámetro sensor 8cm; soporte 1.6cm diámetro, 80cm altura

*Peso:* 635g

*Requerimientos datalogger:* Un canal diferencial o simple (single-ended)

*Cumplimiento CE:* Cumple CE bajo directiva la Unión Europea EMC

## ANEXO II: Datos tomados por la aplicación

## ANEXO II: Datos tomados por la aplicación

**Título del Proyecto:** Desarrollo de un sistema para la adquisición de datos climáticos en un invernadero utilizando LABVIEW

**Autor:** Saúl Vázquez López

**Directores:** José Miguel Molina Martínez, Bernardo Martín Górriz

**INDICE ANEXO II**

<b>1</b>	<b>Objeto del presente anejo.....</b>	<b>100</b>
<b>2</b>	<b>Resultados. ....</b>	<b>100</b>

## 1.- OBJETO DEL PRESENTE ANEJO

El objetivo del presente anejo es el de adjuntar todos los datos tomados por la aplicación durante 24 horas. Para ello se muestra una tabla de Excel con los resultados obtenidos.

## 2.- RESULTADOS

Tº Exterior	HR Exterior	Rad. Global	Rad. Neta	Vel. Viento	Tº Interior	HR Interior	Fecha y hora
22,047	50,37	10,131	15,425	2,5	22,044	50,656	04/12/2006 13:35
22,011	50,477	7,374	-1,898	1,667	22,115	50,555	04/12/2006 13:40
22,102	50,172	28,949	-27,377	0,833	22,07	50,309	04/12/2006 13:45
22,128	50,072	17,593	24,95	0,833	22,125	50,558	04/12/2006 13:50
22,252	49,958	39,493	-3,327	0,833	22,122	50,727	04/12/2006 13:55
22,157	50,023	26,029	-20,59	0,833	22,073	50,545	04/12/2006 14:00
22,294	49,893	14,025	-18,864	0,833	22,054	50,607	04/12/2006 14:05
22,106	49,832	31,544	-8,029	1,25	22,19	50,623	04/12/2006 14:10
22,316	49,809	20,351	6,793	0,833	22,268	50,562	04/12/2006 14:15
22,226	49,828	-6,739	21,14	0,833	22,281	50,425	04/12/2006 14:20
22,433	49,471	25,38	23,819	0,833	22,29	50,701	04/12/2006 14:25
22,339	49,579	0,398	-3,981	0,833	22,32	50,532	04/12/2006 14:30
22,531	49,601	17,918	-15,233	0,833	22,362	50,218	04/12/2006 14:35
22,582	49,332	2,183	26,498	0,833	22,631	50,221	04/12/2006 14:40
22,641	49,387	21,487	-5,172	0,417	22,411	50,328	04/12/2006 14:45
22,813	49,293	9,807	-26,424	0	22,605	50,205	04/12/2006 14:50
22,774	48,975	15,971	23,997	0,833	22,615	50,224	04/12/2006 14:55
22,93	48,764	28,462	24,116	0	22,719	50,091	04/12/2006 15:00
22,923	48,836	-2,035	12,211	0	22,667	49,942	04/12/2006 15:05
23,056	48,55	15,484	23,759	0	22,764	49,935	04/12/2006 15:10
23,202	48,677	20,027	-1,66	0	22,865	50,013	04/12/2006 15:15
23,196	48,612	1,534	22,271	0,417	22,79	49,763	04/12/2006 15:20
23,17	48,498	2,02	-30,472	0,417	22,988	50	04/12/2006 15:25
23,248	48,375	26,515	-31,425	0	22,943	50,137	04/12/2006 15:30
23,163	48,732	17,756	-27,317	0,417	22,823	50,039	04/12/2006 15:35
23,199	48,751	3,156	-18,209	0	22,972	50,127	04/12/2006 15:40
23,137	49,089	39,493	14,235	0	22,8	50,549	04/12/2006 15:45
23,043	49,056	2,183	21,557	0,417	22,816	50,581	04/12/2006 15:50
22,995	49,28	26,84	24,533	0	22,93	50,536	04/12/2006 15:55
23,04	49,776	7,698	1,198	0,417	22,686	50,811	04/12/2006 16:00
23,154	49,77	21,324	-11,661	0,417	22,858	50,948	04/12/2006 16:05
22,926	50,007	17,107	-24,698	0	22,67	51,236	04/12/2006 16:10
22,787	50,111	26,353	-17,257	0,417	22,638	51,185	04/12/2006 16:15
22,654	50,38	11,591	20,723	0,417	22,696	51,35	04/12/2006 16:20
22,871	50,218	7,86	19,056	0	22,488	51,337	04/12/2006 16:25
22,696	50,445	8,022	-10,768	0,417	22,631	51,506	04/12/2006 16:30
22,589	50,419	25,867	-3,505	0	22,362	51,457	04/12/2006 16:35

Anexo II: Datos tomados por la aplicación

22,566	50,633	9,158	19,949	0	22,443	51,532	04/12/2006 16:40
22,657	50,798	17,756	20,128	0	22,54	51,866	04/12/2006 16:45
22,612	50,954	14,836	-14,637	0	22,621	51,743	04/12/2006 16:50
22,54	51,077	-0,089	26,617	0	22,625	52,031	04/12/2006 16:55
22,534	51,198	0,236	-16,423	0,417	22,456	51,762	04/12/2006 17:00
22,479	51,116	17,107	9,413	0,417	22,469	51,902	04/12/2006 17:05
22,534	51,288	-5,442	-15,887	0,417	22,55	52,164	04/12/2006 17:10
22,573	52,229	16,782	4,948	0	22,56	52,077	04/12/2006 17:15
22,849	51,039	4,778	10,008	0	22,878	51,528	04/12/2006 17:20
23,41	49,686	12,402	25,724	0	23,079	50,584	04/12/2006 17:25
23,595	48,66	27,651	22,033	0	23,407	50,182	04/12/2006 17:30
23,861	47,606	16,782	-11,958	0	23,614	49,423	04/12/2006 17:35
24,351	46,882	6,238	-25,293	0,417	23,796	48,751	04/12/2006 17:40
24,536	46,029	23,433	21,914	0	24,14	48,183	04/12/2006 17:45
24,76	45,37	23,595	10,663	0	24,201	47,891	04/12/2006 17:50
25,019	45,111	20,838	1,495	0,417	24,27	47,817	04/12/2006 17:55
25,126	44,569	27,164	14,294	0	24,26	47,411	04/12/2006 18:00
25,272	44,154	28,624	-5,351	0,417	24,364	46,694	04/12/2006 18:05
25,61	43,713	12,24	20,961	0,417	24,513	46,863	04/12/2006 18:10
25,545	43,294	19,702	24,057	0	24,824	46,616	04/12/2006 18:15
25,846	43,044	22,622	8,579	0	24,662	46,37	04/12/2006 18:20
25,84	42,681	16,458	-27,674	0,417	24,805	46,357	04/12/2006 18:25
25,986	42,369	4,129	-23,388	0	24,85	46,1	04/12/2006 18:30
26,038	42,405	3,48	24,593	0	24,941	45,776	04/12/2006 18:35
26,132	41,938	6,238	6,436	0,417	25,016	45,779	04/12/2006 18:40
26,288	41,889	6,4	-9,875	0,833	24,811	45,325	04/12/2006 18:45
26,255	41,565	18,729	5,246	0,417	25,052	45,215	04/12/2006 18:50
26,343	41,231	9,807	-21,007	0,417	25,1	44,884	04/12/2006 18:55
26,336	40,825	21,162	-0,945	0,417	25,071	44,683	04/12/2006 19:00
26,486	40,906	27,002	21,914	0,417	24,932	44,871	04/12/2006 19:05
26,434	40,851	24,731	29,355	0,417	25,068	44,988	04/12/2006 19:10
26,424	40,656	15,484	22,807	0,833	25,162	45,091	04/12/2006 19:15
26,573	40,64	3,318	22,688	0,417	25,165	45,075	04/12/2006 19:20
26,602	40,679	8,509	28,284	0,417	25,269	45,098	04/12/2006 19:25
26,622	40,919	-2,197	-9,518	0,417	25,204	45,403	04/12/2006 19:30
26,69	40,711	14,511	-27,496	0,417	25,262	45,276	04/12/2006 19:35
26,716	40,831	26,84	-26,305	0,417	25,298	45,565	04/12/2006 19:40
26,719	40,562	3,805	25,545	0,417	25,275	45,834	04/12/2006 19:45
26,852	40,578	-5,766	-24,876	0,417	25,334	45,63	04/12/2006 19:50
26,82	40,591	3,318	5,841	0,833	25,314	45,685	04/12/2006 19:55
26,868	40,893	27,164	-27,912	0	25,386	45,705	04/12/2006 20:00
26,852	40,935	30,571	11,437	0,417	25,408	45,705	04/12/2006 20:05
27,105	40,601	36,573	-5,291	0,417	25,46	45,795	04/12/2006 20:10
27,092	40,692	29,111	-23,031	0,417	25,49	45,714	04/12/2006 20:15
27,096	40,809	13,213	31,201	0,417	25,58	45,581	04/12/2006 20:20
27,161	40,617	-2,197	-12,613	0,417	25,593	45,87	04/12/2006 20:25
27,047	40,575	25,704	15,842	0,417	25,512	45,896	04/12/2006 20:30
27,206	40,773	3,805	-8,327	0,417	25,551	45,802	04/12/2006 20:35

Anexo II: Datos tomados por la aplicación

27,245	40,598	11,429	-25,293	0	25,817	45,89	04/12/2006 20:40
27,29	40,218	5,914	42,511	0,417	25,697	45,776	04/12/2006 20:45
27,352	40,536	18,242	7,27	0,833	25,739	45,87	04/12/2006 20:50
27,316	40,319	15,484	-22,078	0,417	25,655	45,776	04/12/2006 20:55
27,449	40,406	19,864	9,948	0,417	25,756	45,633	04/12/2006 21:00
27,323	40,41	24,893	23,938	0,417	25,992	45,059	04/12/2006 21:05
27,517	40,416	-0,251	-26,246	0,417	26,093	44,53	04/12/2006 21:10
27,624	40,377	8,347	21,259	0	26,272	44,134	04/12/2006 21:15
27,491	40,231	40,304	20,188	0,417	26,252	43,803	04/12/2006 21:20
27,699	39,946	3,805	-25,769	0	26,372	43,67	04/12/2006 21:25
27,491	39,998	1,371	20,188	0	26,583	43,554	04/12/2006 21:30
27,615	39,929	2,831	0,007	0,833	26,515	43,583	04/12/2006 21:35
27,475	39,826	1,371	-15,768	0,417	26,512	43,359	04/12/2006 21:40
27,65	39,858	24,244	-10,351	0,417	26,505	43,073	04/12/2006 21:45
27,66	39,508	6,4	11,318	0,417	26,495	43,167	04/12/2006 21:50
27,725	39,592	5,914	-32,734	0,417	26,567	43,142	04/12/2006 21:55
27,654	39,53	23,271	21,438	0	26,567	43,034	04/12/2006 22:00
27,699	39,556	3,48	-33,032	0,417	26,664	43,099	04/12/2006 22:05
27,754	39,397	2,994	22,212	0,417	26,628	42,85	04/12/2006 22:10
27,803	39,427	15,484	20,247	0,417	26,81	42,859	04/12/2006 22:15
27,777	39,355	0,398	-29,043	0,417	26,722	42,944	04/12/2006 22:20
27,725	39,401	23,109	7,686	0,417	26,726	42,759	04/12/2006 22:25
27,904	39,365	25,218	-16,542	0,417	26,791	42,697	04/12/2006 22:30
27,871	39,355	10,78	19,652	0,417	26,797	42,7	04/12/2006 22:35
27,9	39,225	37,06	-16,245	0,417	26,875	42,658	04/12/2006 22:40
27,955	39,076	12,078	-25,412	0,417	26,632	42,499	04/12/2006 22:45
27,842	39,277	19,053	-27,734	0	26,924	42,583	04/12/2006 22:50
27,907	38,8	8,671	-0,707	0,417	26,833	42,324	04/12/2006 22:55
28,03	38,891	4,454	-9,577	0,417	26,739	42,467	04/12/2006 23:00
27,894	38,92	3,156	-1,541	0,417	26,658	42,545	04/12/2006 23:05
27,985	38,804	1,209	21,676	0,417	26,92	42,171	04/12/2006 23:10
28,072	38,745	22,298	-16,84	0,417	26,891	42,165	04/12/2006 23:15
28,011	38,937	1,696	18,58	0,417	26,901	42,204	04/12/2006 23:20
27,978	38,836	10,618	-31,901	0,417	26,911	42,145	04/12/2006 23:25
28,127	38,677	15,971	19,83	0,417	26,976	42,012	04/12/2006 23:30
28,062	38,817	25,218	11,675	0,417	26,976	42,21	04/12/2006 23:35
28,03	38,434	34,464	12,865	0,417	26,979	41,909	04/12/2006 23:40
28,072	38,476	25,867	11,08	0,417	27,07	41,977	04/12/2006 23:45
28,082	38,512	12,565	4,888	0,417	27,138	41,87	04/12/2006 23:50
28,066	38,226	0,56	5,067	0,417	27,044	41,555	04/12/2006 23:55
28,196	38,294	23,92	-5,47	0,417	27,005	41,795	05/12/2006 0:00
28,166	38,453	0,398	-15,887	0	27,086	41,6	05/12/2006 0:05
28,212	38,398	2,02	-26,781	0,417	27,18	41,555	05/12/2006 0:10
28,312	38,528	19,053	19,056	0,417	27,144	41,438	05/12/2006 0:15
28,131	37,989	19,378	17,628	0,417	27,109	41,523	05/12/2006 0:20
28,011	37,947	3,48	-37,139	0,417	27,128	41,594	05/12/2006 0:25
28,199	38,236	2,831	17,806	0	27,07	41,422	05/12/2006 0:30
28,192	38,216	7,374	-11,899	0,417	27,089	41,276	05/12/2006 0:35

Anexo II: Datos tomados por la aplicación

28,16	38,142	21	21,378	0	27,086	41,286	05/12/2006 0:40
28,205	38,048	24,893	-33,151	0	27,154	41,325	05/12/2006 0:45
28,179	37,853	9,158	-28,984	0,417	27,018	41,192	05/12/2006 0:50
28,212	38,174	25,218	18,342	0,417	27,05	41,211	05/12/2006 0:55
28,208	37,892	2,669	18,937	0,833	27,086	41,351	05/12/2006 1:00
28,147	37,967	11,105	4,293	0	27,063	41,185	05/12/2006 1:05
28,205	37,85	25,867	-8,863	0,417	27,083	40,964	05/12/2006 1:10
28,121	37,752	23,92	-20,293	0	26,959	40,961	05/12/2006 1:15
28,303	37,668	19,053	39,058	0,417	27,031	41,088	05/12/2006 1:20
28,228	37,954	1,047	5,781	0,417	27,109	40,913	05/12/2006 1:25
28,189	37,645	23,595	-13,982	0,417	27,105	40,818	05/12/2006 1:30
28,225	37,451	5,751	-22,793	0,417	27,183	40,708	05/12/2006 1:35
28,238	37,6	25,542	-29,758	0	27,193	40,679	05/12/2006 1:40
28,296	37,512	14,836	-23,448	0,417	27,089	40,698	05/12/2006 1:45
28,199	37,522	22,298	18,461	0,417	27,186	40,513	05/12/2006 1:50
28,26	37,379	26,029	17,568	0,417	27,157	40,549	05/12/2006 1:55
28,293	37,551	19,54	46,381	0,417	27,089	40,488	05/12/2006 2:00
28,234	37,379	3,805	-30,174	0,417	27,255	40,582	05/12/2006 2:05
28,348	37,104	25,867	1,793	0	27,287	40,458	05/12/2006 2:10
28,277	37,191	9,482	21,438	0	27,122	40,186	05/12/2006 2:15
28,299	37,259	22,784	-26,781	0,417	27,332	40,384	05/12/2006 2:20
28,234	37,11	5,914	-31,544	0,417	27,313	40,29	05/12/2006 2:25
28,199	37,058	21,973	-2,969	0,417	27,472	40,247	05/12/2006 2:30
28,212	37,12	24,731	-1,957	0,417	27,238	40,303	05/12/2006 2:35
28,225	37,039	8,185	17,33	0,417	27,294	40,111	05/12/2006 2:40
28,118	37,029	-0,089	20,545	0	27,29	40,066	05/12/2006 2:45
28,338	36,812	-0,575	-21,781	0,417	27,43	40,02	05/12/2006 2:50
28,277	36,893	24,244	-32,615	0,417	27,368	39,878	05/12/2006 2:55
28,371	36,818	6,725	-0,886	0,417	27,375	40,027	05/12/2006 3:00
28,225	36,617	2,507	22,509	0,417	27,362	40,114	05/12/2006 3:05
28,348	36,779	6,725	-32,913	0,417	27,362	39,985	05/12/2006 3:10
28,322	36,61	20,189	-17,911	0,417	27,225	39,92	05/12/2006 3:15
28,345	36,701	15,809	-21,781	0,417	27,297	39,79	05/12/2006 3:20
28,27	36,552	25,867	3,579	0,417	27,281	39,891	05/12/2006 3:25
28,39	36,555	6,238	-24,519	0	27,206	39,855	05/12/2006 3:30
28,475	36,555	-0,737	20,426	0,417	27,414	39,625	05/12/2006 3:35
28,397	36,649	1,534	-19,757	0,417	27,17	39,608	05/12/2006 3:40
28,26	36,539	20,351	-33,21	0,417	27,212	39,667	05/12/2006 3:45
28,458	36,416	3,805	20,604	0	27,323	39,566	05/12/2006 3:50
28,351	36,419	2,183	-27,793	0,417	27,362	39,608	05/12/2006 3:55
28,406	36,442	10,942	21,557	0,417	27,352	39,368	05/12/2006 4:00
28,416	36,416	18,08	19,116	0,417	27,336	39,368	05/12/2006 4:05
28,354	36,176	16,62	3,698	0,417	27,352	39,199	05/12/2006 4:10
28,426	36,046	14,025	-33,687	0,417	27,365	39,242	05/12/2006 4:15
28,342	36,409	20,027	-31,841	0,417	27,446	39,349	05/12/2006 4:20
28,491	36,117	23,433	4,412	0	27,43	39,212	05/12/2006 4:25
28,361	36,02	3,805	18,997	0,417	27,261	38,992	05/12/2006 4:30
28,413	36,166	22,135	-18,804	0,417	27,313	39,128	05/12/2006 4:35

Anexo II: Datos tomados por la aplicación

28,507	36,095	23,595	-28,389	0,417	27,446	39,183	05/12/2006 4:40
28,471	35,906	2,183	-31,067	0,417	27,284	38,93	05/12/2006 4:45
28,539	35,718	22,947	-42,378	0	27,508	38,723	05/12/2006 4:50
28,517	35,91	1,858	20,068	0,417	27,404	38,862	05/12/2006 4:55
28,517	35,923	26,191	-2,136	0,417	27,511	38,846	05/12/2006 5:00
28,38	35,699	13,213	-33,33	0,417	27,339	38,586	05/12/2006 5:05
28,507	35,498	23,595	-12,077	0	27,362	38,787	05/12/2006 5:10
28,465	35,634	1,371	26,26	0,417	27,417	38,547	05/12/2006 5:15
28,393	35,79	6,4	12,627	0,417	27,345	38,479	05/12/2006 5:20
28,51	35,614	17,593	-23,09	0,417	27,258	38,573	05/12/2006 5:25
28,406	35,514	16,62	18,997	0,417	27,248	38,865	05/12/2006 5:30
28,494	35,511	19,702	-0,112	0,417	27,388	38,515	05/12/2006 5:35
28,413	35,371	13,862	11,318	0,417	27,453	38,593	05/12/2006 5:40
28,458	35,546	26,515	19,295	0	27,368	38,187	05/12/2006 5:45
28,507	35,556	23,109	-28,508	0,417	27,375	38,567	05/12/2006 5:50
28,488	35,449	4,616	-25,591	0,417	27,316	38,242	05/12/2006 5:55
28,38	35,335	23,92	-9,101	0,833	27,485	38,356	05/12/2006 6:00
28,452	35,352	-0,413	22,688	0,417	27,501	38,207	05/12/2006 6:05
28,458	35,073	22,135	-29,043	0	27,362	38,336	05/12/2006 6:10
28,367	35,17	6,076	2,091	0	27,414	38,187	05/12/2006 6:15
28,342	35,206	0,885	-29,162	0,417	27,407	38,119	05/12/2006 6:20
28,452	35,163	1,534	-25,531	0	27,501	38,093	05/12/2006 6:25
28,481	35,193	2,994	19,89	0	27,456	38,009	05/12/2006 6:30
28,338	35,134	7,698	11,139	0,417	27,453	38,161	05/12/2006 6:35
28,397	35,069	2,183	12,568	0,417	27,446	37,957	05/12/2006 6:40
28,507	35,066	-16,473	2,388	0,417	27,608	37,772	05/12/2006 6:45
28,565	34,781	26,84	18,044	0,417	27,323	37,827	05/12/2006 6:50
28,429	34,962	2,831	-28,567	0,417	27,478	37,606	05/12/2006 6:55
28,526	35,043	1,047	-27,317	0,417	27,319	37,714	05/12/2006 7:00
28,393	34,748	23,271	17,747	0,417	27,586	37,389	05/12/2006 7:05
28,471	34,657	15,322	2,507	0,417	27,511	37,298	05/12/2006 7:10
28,559	34,424	1,696	19,533	0,417	27,433	37,409	05/12/2006 7:15
28,517	34,592	1,858	20,664	0,833	27,534	37,457	05/12/2006 7:20
28,604	34,505	12,078	21,438	0,833	27,472	37,24	05/12/2006 7:25
28,436	34,255	17,107	1,971	0,833	27,488	37,441	05/12/2006 7:30
28,406	34,349	25,867	0,959	0,417	27,459	37,295	05/12/2006 7:35
28,556	34,242	12,889	-30,294	0,417	27,404	37,201	05/12/2006 7:40
28,354	34,235	25,38	-30,71	0,417	27,307	37,376	05/12/2006 7:45
28,374	34,294	22,784	16,616	0,417	27,297	37,188	05/12/2006 7:50
28,299	34,158	23,433	19,235	0,417	27,177	37,272	05/12/2006 7:55
28,413	34,119	14,349	-32,258	0,417	27,349	37,486	05/12/2006 8:00
28,523	34,099	19,216	8,52	0,417	27,222	37,389	05/12/2006 8:05
28,312	34,125	0,398	16,378	0,833	27,42	37,269	05/12/2006 8:10
28,387	33,963	28,138	-28,389	0,417	27,29	37,071	05/12/2006 8:15
28,088	33,898	24,893	-2,434	0,833	26,901	37,98	05/12/2006 8:20
27,777	34,43	28,138	19,414	0,417	26,615	38,019	05/12/2006 8:25
27,628	34,631	25,542	-45,89	0,417	26,087	38,781	05/12/2006 8:30
27,173	35,459	0,56	15,008	0,417	25,629	39,868	05/12/2006 8:35



26,758	36,403	11,267	12,687	0,417	25,321	41,039	05/12/2006 8:40
26,443	37,292	13,862	-20,114	0,417	25,052	41,73	05/12/2006 8:45
26,398	37,801	0,885	8,222	0,833	25,149	42,191	05/12/2006 8:50
25,947	38,181	3,318	-1,005	0,417	24,773	42,142	05/12/2006 8:55
25,739	38,46	3,805	-7,732	0,417	24,73	42,509	05/12/2006 9:00
25,7	39,553	26,029	23,581	0,417	24,617	43,138	05/12/2006 9:05
25,363	39,998	31,382	18,937	0,833	24,468	43,479	05/12/2006 9:10
25,155	40,384	12,565	15,247	0,833	24,299	43,706	05/12/2006 9:15
25,078	40,971	30,246	-31,246	0,833	24,299	43,768	05/12/2006 9:20
24,935	41,143	2,669	21,735	0,417	24,169	44,222	05/12/2006 9:25
24,863	41,548	14,673	13,223	0,833	24,127	44,297	05/12/2006 9:30
24,73	41,853	25,218	-29,996	0,417	24,059	44,533	05/12/2006 9:35
24,734	42,214	13,7	18,699	0,833	24,117	44,254	05/12/2006 9:40
24,49	42,528	24,893	14,294	0,833	24,127	44,741	05/12/2006 9:45
24,536	43,19	9,482	-15,947	0,417	24,085	45,192	05/12/2006 9:50
24,416	43,378	24,244	20,426	0,417	24,094	45,487	05/12/2006 9:55
24,445	43,836	17,756	-7,017	1,25	24,039	45,844	05/12/2006 10:00
24,318	44,115	5,589	-31,603	0,417	24,007	45,854	05/12/2006 10:05
24,425	44,215	32,355	13,758	0,833	24,055	46,188	05/12/2006 10:10
24,315	44,29	-11,119	22,39	0,833	24,137	45,916	05/12/2006 10:15
24,468	44,17	6,076	14,889	1,25	24,182	45,779	05/12/2006 10:20
24,435	44,384	12,078	-3,446	0,833	24,348	45,958	05/12/2006 10:25
24,383	44,65	4,616	-31,544	0,417	24,072	46,902	05/12/2006 10:30
24,377	45,173	6,4	1,436	0,417	24,078	47,041	05/12/2006 10:35
24,484	45,247	28,138	1,436	0,833	24,218	47,109	05/12/2006 10:40
24,494	45,13	7,374	18,937	0,417	24,234	47,002	05/12/2006 10:45
24,338	45,409	18,242	-16,899	0,833	24,192	46,697	05/12/2006 10:50
24,51	45,39	26,84	-2,136	0,417	24,273	46,62	05/12/2006 10:55
24,542	45,435	24,569	17,925	0,417	24,318	46,697	05/12/2006 11:00
24,266	45,533	18,08	-31,901	0,833	24,172	46,785	05/12/2006 11:05
24,477	45,783	9,969	-18,923	0,417	24,276	47,012	05/12/2006 11:10
24,545	45,737	3,967	19,176	0,417	24,406	46,873	05/12/2006 11:15
24,458	46,123	19,864	-28,746	0,417	24,396	47,119	05/12/2006 11:20
24,406	46,036	13,376	22,926	0,417	24,399	46,986	05/12/2006 11:25
24,494	45,903	13,376	-23,745	0,417	24,419	47,032	05/12/2006 11:30
24,539	46,084	4,291	20,961	0,417	24,416	47,152	05/12/2006 11:35
24,568	46,13	10,131	17,032	0,417	24,419	46,915	05/12/2006 11:40
24,438	46,029	13,862	-18,149	0,417	24,575	46,986	05/12/2006 11:45
24,682	45,951	27,975	9,056	0,417	24,487	46,746	05/12/2006 11:50
24,588	46,006	13,213	-12,613	0,417	24,341	47,025	05/12/2006 11:55
24,669	45,984	15,322	2,091	0,417	24,461	47,093	05/12/2006 12:00
24,604	46,071	20,189	13,282	0,417	24,357	47,307	05/12/2006 12:05
24,558	46,188	27,164	-32,318	0,417	24,503	47,44	05/12/2006 12:10
24,717	46,308	12,727	17,687	0,833	24,458	47,181	05/12/2006 12:15
24,63	46,003	12,727	-29,579	0,417	24,708	47,408	05/12/2006 12:20
24,818	46,233	18,08	-11,185	0,417	24,412	47,479	05/12/2006 12:25
24,604	46,045	24,082	-3,029	0,833	24,442	47,385	05/12/2006 12:30
24,714	46,389	27,326	17,509	0,417	24,565	47,499	05/12/2006 12:35

Anexo II: Datos tomados por la aplicación

24,701	46,402	4,454	21,854	0,417	24,455	47,651	05/12/2006 12:40
24,64	46,83	25,38	-20,471	0,417	24,513	47,703	05/12/2006 12:45
24,695	46,574	5,751	-16,899	0,833	24,471	47,729	05/12/2006 12:50
24,63	46,73	3,967	-31,722	0,417	24,578	47,45	05/12/2006 12:55
24,604	46,584	26,191	-22,971	0,417	24,662	47,431	05/12/2006 13:00
24,662	46,642	12,889	-21,483	0,417	24,717	47,622	05/12/2006 13:05
24,734	46,483	25,218	21,2	0,833	24,708	47,684	05/12/2006 13:10
24,779	46,555	29,598	-37,973	0,417	24,633	47,716	05/12/2006 13:15
24,737	46,772	29,111	17,032	0,417	24,64	47,765	05/12/2006 13:20
24,591	46,581	14,673	15,366	0,417	24,682	47,668	05/12/2006 13:25
24,896	46,607	5,589	-31,663	0,417	24,665	47,924	05/12/2006 13:30
24,792	46,509	10,942	8,103	0,417	24,688	47,732	05/12/2006 13:35