

# Reporte de Residencia: Control de un microinvernadero de plantas micropropagadas con LabVIEW

Manuel Alejandro Palomeque Moran

16 de diciembre de 2009

# Índice general

<b>1. Introduccion</b>	<b>7</b>
1.0.1. Estado del arte . . . . .	8
1.1. Planteamiento del problema . . . . .	8
1.2. Objetivos . . . . .	9
1.2.1. General . . . . .	9
1.2.2. Especificos . . . . .	9
1.3. Justificacion . . . . .	9
<b>2. Marco teorico</b>	<b>11</b>
2.1. Control . . . . .	11
2.2. LabView . . . . .	12
2.2.1. Entorno de LabVIEW . . . . .	12
2.2.1.1. Paleta de control . . . . .	15
2.2.1.2. Paleta de funciones . . . . .	15
2.2.1.3. Barra de herramientas . . . . .	16
2.2.1.4. Ayuda . . . . .	17
2.2.1.5. Tipos de datos . . . . .	17
2.2.2. Ejemplos en LabVIEW . . . . .	17
2.2.2.1. Operaciones aritméticas . . . . .	17
2.2.2.2. Uso de los arrays . . . . .	20
2.2.2.3. Uso de los Clusters . . . . .	22
<b>3. Metodologia</b>	<b>25</b>
3.1. Tarjeta de adquisicion de datos . . . . .	25
3.2. Adquisición de datos: Entrada y Salida de datos . . . . .	26
3.2.1. Entrada y salida digital . . . . .	27
3.2.1.1. Escritura . . . . .	28
3.2.1.2. Lectura . . . . .	31
3.2.2. Entrada y salida analogica . . . . .	33
3.2.2.1. Lectura . . . . .	33
3.2.2.2. Escritura . . . . .	36
3.3. Sensores . . . . .	38
3.3.1. Sensor de Humedad y Temperatura relativa . . . . .	38
3.3.1.1. Comunicacion con el sensor . . . . .	39
3.3.1.2. Conversion de la señal de salida . . . . .	40
3.3.2. Sensor de humedad del suelo . . . . .	41
3.4. Variables . . . . .	49
3.4.1. Temperatura . . . . .	49
3.4.2. Humedad . . . . .	49
3.4.3. Iluminacion . . . . .	49
3.5. SHT 71 . . . . .	50
3.5.1. Iniciar el sensor . . . . .	51
3.5.2. Inicio de transmision . . . . .	51
3.5.3. Escritura de datos . . . . .	52
3.5.4. Lectura de datos . . . . .	52

3.5.5.	Reset de la conexion . . . . .	53
3.5.6.	Soft Reset . . . . .	53
3.5.7.	Medicion de temperatura y humedad relativa . . . . .	53
3.5.8.	Obtencion de los valores de temperatura y humedad relativa . . . . .	54
3.5.9.	Calculo del punto de rocío . . . . .	55
3.5.10.	Programa principal . . . . .	56
3.6.	Medición de temperatura y guardado de los resultados en un archivo de Office. . . . .	57
3.6.1.	Reporte de Word: generación y modificación de una línea de texto, de una tabla de números generados por el tiro de un dado y de la inserción de una imagen . . . . .	57
3.7.	Programa final . . . . .	62
<b>4.</b>	<b>Resultados</b>	<b>68</b>
4.1.	Entrada y salida analogica . . . . .	68
4.1.1.	Lectura . . . . .	68
4.1.2.	Escritura . . . . .	69
4.2.	Pruebas de documentacion . . . . .	70
4.3.	Medicion y documentacion de temperatura ambiental y humedad relativa . . . . .	73
4.4.	Medicion y documentacion de temperatura ambiental, humedad del suelo y humedad relativa . . . . .	79
4.4.1.	Grafica de temperatura ambiental . . . . .	80
4.4.2.	Grafica de humedad relativa . . . . .	80
4.4.3.	Grafica de humedad de suelo . . . . .	80
<b>5.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>81</b>
<b>6.</b>	<b>Anexos</b>	<b>83</b>
6.1.	Diseño del circuito impreso del sensor SHT71 . . . . .	83
6.2.	Diseño del circuito impreso del sensor de humedad de suelo . . . . .	83
6.3.	Diagrama de la etapa de potencia para la bomba y generador de niebla . . . . .	85
6.4.	Generador de niebla . . . . .	86
6.5.	Bomba de riego, tanque y sistema de tuberías . . . . .	88
6.6.	Fotos de la maqueta . . . . .	91

# Índice de figuras

1.1. Invernadero numero 1 . . . . .	7
2.1. Ejemplo de control (imagen de Vancontrol) . . . . .	12
2.2. Ejemplo de un Panel frontal . . . . .	12
2.3. Ejemplo de un Diagrama de Bloques . . . . .	13
2.4. Editor de icono . . . . .	14
2.5. Cuadro de conexion . . . . .	14
2.6. Paleta de control . . . . .	15
2.7. Paleta de funciones . . . . .	15
2.8. Barra de herramientas del panel frontal . . . . .	16
2.9. Barra de herramientas . . . . .	16
2.10. Ubicación de los controles en la paleta de control . . . . .	18
2.11. Ubicación de los indicadores en la paleta de control . . . . .	18
2.12. Diagrama a bloques generado . . . . .	19
2.13. Operación de suma y resta . . . . .	19
2.14. Conexionado . . . . .	20
2.15. Ubicación de los Arrays . . . . .	20
2.16. Build Array . . . . .	21
2.17. Diagrama a bloques del arreglo . . . . .	21
2.18. Simulacion del array . . . . .	22
2.19. Ubicación de los clusters . . . . .	22
2.20. Cluster creado . . . . .	23
2.21. Bundle . . . . .	23
2.22. Diagrama a bloques del cluster . . . . .	23
2.23. Simulacion del cluster . . . . .	24
3.1. Tarjeta de Adquisicion de datos . . . . .	25
3.2. Vista frontal de la tarjeta . . . . .	26
3.3. Puerto analógico y sus funciones . . . . .	26
3.4. Puerto digital y sus funciones . . . . .	27
3.5. Opciones dentro del menú DAQmx . . . . .	27
3.6. Ejercicio de lectura y escritura . . . . .	28
3.7. DAQmx write . . . . .	28
3.8. Ciclo While . . . . .	29
3.9. Función de escritura: opción . . . . .	29
3.10. Asistente de la DAQ configurado digitalmente como salida . . . . .	30
3.11. Arrays de la función de escritura . . . . .	30
3.12. Proceso de escritura . . . . .	31
3.13. DAQmx read . . . . .	31
3.14. Asistente de la DAQ configurado digitalmente como entrada . . . . .	32
3.15. Arrays de la función de lectura . . . . .	32
3.16. Proceso de lectura . . . . .	32
3.17. DAQ Assistant . . . . .	33
3.18. DAQ Assistant, seleccion de modos . . . . .	34
3.19. Configuracion de entrada analogica de voltaje . . . . .	34
3.20. Configuracion de entrada analogica de voltaje (propiedades) . . . . .	35

3.21. Diagrama a bloques de la entrada analogica . . . . .	35
3.22. Pane frontal de la entrada analogica . . . . .	36
3.23. Configuracion de salida analogica de voltaje . . . . .	37
3.24. Diagrama a bloques de la fuente variable de voltaje . . . . .	37
3.25. Pane frontal de la fuente variable de voltaje . . . . .	38
3.26. Dimensiones del SHT 71 . . . . .	38
3.27. Secuencia de inicio de transmision . . . . .	39
3.28. Comandos y codigo . . . . .	39
3.29. Comando de Reset . . . . .	40
3.30. Coeficientes de conversion . . . . .	40
3.31. Coeficientes de compensacion . . . . .	40
3.32. Coeficientes de conversion de temperatura . . . . .	41
3.33. Tabla de coeficientes para el punto de rocio . . . . .	41
3.34. El 555 . . . . .	42
3.35. 555 en modo astable . . . . .	43
3.36. Sensor de humedad basado en el 555 . . . . .	44
3.37. Timing and Trasition Measurements . . . . .	45
3.38. Opciones de medicion de la funcion Timing and Transition Measurements . . . . .	46
3.39. Expression Node . . . . .	47
3.40. Diagrama a bloques del sensor de humedad del suelo . . . . .	47
3.41. Sistema de ecuaciones en forma matricial . . . . .	48
3.42. Diagrama a bloques del proyecto . . . . .	50
3.43. Diagrama a bloques del inicializador . . . . .	51
3.44.Codigo de transmision en LabVIEW . . . . .	51
3.45. Diagrama a bloques de la escritura de datos . . . . .	52
3.46. Diagrama a bloques de la lectura de datos . . . . .	52
3.47. Diagrama a bloques del Reset de la conexion . . . . .	53
3.48. Diagrama a bloques del Soft Reset . . . . .	53
3.49. Diagrama a bloques de Medicion . . . . .	54
3.50. Panel frontal de la conversion de temperatura, humedad y punto de rocio . . . . .	54
3.51. Diagrama a bloques de la conversion de temperatura, humedad y punto de rocio . . . . .	55
3.52. Diagrama a bloques del calculo del punto de rocio . . . . .	56
3.53. Panel frontal . . . . .	56
3.54. Ubicaci3n del toolkit . . . . .	57
3.55. New Report . . . . .	58
3.56. Append Report to Text . . . . .	58
3.57. Append Table to Report . . . . .	59
3.58. Rutina de generaci3n del dado . . . . .	59
3.60. Save Report to File . . . . .	60
3.59. Append Image to Text . . . . .	60
3.61. Dispose Report . . . . .	61
3.62. Interfaz del usuario del generador de reporte de Word . . . . .	61
3.63. Diagrama a bloques del generador de reporte de Word . . . . .	62
3.64. Diagrama a bloques del programa principal . . . . .	63
3.65. Diagrama a bloques del sub VI de conversion de tiempo a segundos . . . . .	63
3.66. Pagina de configuracion inicial . . . . .	64
3.67. Pagina de visualizacion de variables . . . . .	64
3.68. Funcion en tiempo real . . . . .	65
3.69. Pagina de graficas . . . . .	65
3.70. Pagina de sintonizacion de controladores . . . . .	66
3.71. Pagina de acerca de . . . . .	67
3.72. Diagrama a bloques del programa principal . . . . .	67
4.1. Primera simulacion de la entrada analogica . . . . .	68
4.2. Segunda simulacion de la entrada analogica . . . . .	69
4.3. Primera simulacion de la fuente variable de voltaje . . . . .	69
4.4. Segunda simulacion de la fuente variable de voltaje . . . . .	70

4.5. Tercera simulacion de la fuente variable de voltaje . . . . .	70
4.6. Pruebas Word: 1º configuracion . . . . .	70
4.7. Prueba Word: Simulacion 1 . . . . .	71
4.8. Prueba Word: Simulacion 2 . . . . .	71
4.9. Pruebas Word: 2º configuracion . . . . .	72
4.10. Prueba Word 2: Simulacion 1 . . . . .	72
4.11. Prueba Word 2: Simulacion 2 . . . . .	73
4.12. Conexionado del sensor a la DAQ . . . . .	73
4.13. Resultados del censado en el primer invernadero . . . . .	75
4.14. Grafica de temperatura 1 . . . . .	76
4.15. Grafica de humedad 1 . . . . .	76
4.16. Invernadero numero 2 . . . . .	77
4.17. Resultados del censado en el segundo invernadero . . . . .	78
4.18. Grafica de Temperatura 2 . . . . .	79
4.19. Grafica de humedad 2 . . . . .	79
4.20. Grafica de temepratura . . . . .	80
4.21. Grafica de temepratura . . . . .	80
4.22. Grafica de temepratura . . . . .	80
6.1. Sensor de humedad relativa y temperatura SHT71 . . . . .	83
6.2. Sensor de humedad de suelo . . . . .	84
6.3. Etapa de potencia . . . . .	85
6.4. El generador de niebla . . . . .	86
6.5. El generador de niebla y etapa de potencia . . . . .	87
6.6. La bomba de riego . . . . .	88
6.7. Tanque para el sistema de riego . . . . .	89
6.8. Sistema de tuberias . . . . .	90
6.9. Maqueta 1 ubicacion . . . . .	91

# Índice de cuadros

3.1. Valores de humedad y frecuencia . . . . .	48
--	----

# Capítulo 1

## Introduccion

El planeta entero tiene una gran cantidad de climas que dan origen a diferentes especies de seres vivos, y sobre todo plantas, que son el inicio de la cadena alimenticia y reguladoras del dióxido de carbono que las criaturas que respiran generamos. Sin embargo, los requerimientos de cada planta son completamente diferentes dependiendo del lugar donde nació.

Un ejemplo sería, la existencia de palmas en Suiza, un país que en la actualidad no tiene las mismas condiciones para cultivar esta especie vegetal.

En las últimas décadas, los cambios bruscos de clima han intervenido directamente en el cultivo de plantas de diversos orígenes en determinadas regiones. Sin mencionar el hecho que la acción del ser humano de asegurarse espacio y combustible lo ha llevado a la destrucción de miles de hectáreas de suelo cultivable, donde solían crecer las plantas más características de la región afectada.

Los invernaderos son estructuras mecánicas que facilitan el cultivo de diversas especies de plantas, desarrollan un ambiente artificial y controlado y por lo tanto una solución al problema de cultivo que tendrán diversas partes del mundo.



Figura 1.1: Invernadero numero 1

Es un espacio con el microclima apropiado para el optimo desarrollo de una plantacion especifica.

Los invernaderos se aprovechan del llamado efecto del mismo nombre: la luz solar atraviesa un panel de vidrio o de un material transparente, del cual estan hechos estas estructuras, y calienta los objetos que se encuentran en el interior. Y de eso se trata el presente trabajo.

El control automatico, al principio con uso industrial, ha ido ocupando un lugar cada vez mas cercano a la vida cotidiana. Las razones de usar automatizacion de procesos es que permiten una mas eficiente forma de usar los recursos, tanto energeticos como de personal.

Basandose en los beneficios anteriores, el siguiente trabajo consta como objetivo principal, crear e implementar un control automatico sobre las variables de temperatura, humedad con el fin de regularlas y mantenerlas en un equilibrio optimo para la salud de las plantas, a su vez que se lleve un registro de las variaciones de dichas variables.

### 1.0.1. Estado del arte

Hablar de la definicion de automatizacion, es tocar en la solucion a muchos problemas con respecto a la naturaleza del proceso a controlar.

En el caso de los invernaderos, el motivo para dar lugar a este es, obtener un medio ambiente optimo para el cultivo de los especimenes.

El diseño de sistemas de control automatico ha sido implementado en diversas aplicaciones cambiando solamente la eleccion del automatismo que realizará las labores de control, los cuales van, desde microcontroladores hasta controladores logicos programables.

Un proyecto de control automatico implementado mediante un PIC 16F877A designa un valor preestablecido el cual funciona como limite para el valor de las variables ambientales. Controlando las variables de temperatura ambiental y humedad del suelo con el pic, la infomacion va hacia la interfaz humana-maquina la cual realiza acciones de control de tipo ON-OFF. El software a usar fue el LabVIEW version 6.1 la cual realizaba las acciones de transmision y recepcion de datos junto a una escritura de tablas de resultados en Excel y apertura del puerto serial el cual es el canal de comunicacion con el PIC.[1]

Otro proyecto a destacar, y aunque no tiene como finalidad el control en invernaderos, realiza una accion de control y monitoreo de temperatura de un horno electrico practicando 2 tipos de control: ON-OFF, por ciclos los cuales comprenden acciones por ancho de pulso. El software usado en este proyecto fue LabVIEW y el automatismo es una tarjeta de adquisicion.[2]

LabVIEW, por su programacion grafica, es la piedra angular de todos estos proyectos.

Cada uno de esos proyectos fueron enfocados en el mejoramiento del rendimiento de los sistemas y asi mejorar la calidad de sus procesos.

## 1.1. Planteamiento del problema

Los invernaderos son estructuras de vidrio o plastico en las que se practica el cultivo y conservacion de plantas. La manera en que funcionan es reuniendo las condiciones climaticas adecuadas para el optimo desarrollo de las especis vegetales. Entre las razones de su existencia, mencionamos el cultivo fuera de temporada y cultivo en climas que no son propicios para su crecimiento, aumento de la calidad y de rendimiento en los cultivos y un excelente control de plagas e insectos que son una amenaza para el cultivo.[3]

Dentro de estas estructuras, se concentran ambientes con valores de temperatura, humedad, iluminacion siempre cambiantes por lo que la necesidad de poseer un cierto control sobre ellos y otras variables son cruciales para el buen desarrollo y conservacion de los especimenes vegetales cultivados. Si el control sobre esta informacion se encuentra bajo la supervision directa de las personas se ejerce una accion de control sujeta a inexactitudes. Por lo anterior, es necesario un sistema capaz de monitorear los cambios en las variables de temperatura, humedad, discernir cuando es necesaria una actividad de control y realizarla, todo esto con el minimo de personal encargado de la estructura.

Los especimenes creados por micropropagacion son muy suceptibles a los cambios ambientales al carecer de las aberturas que les permiten el intercambio de gases y humedad. Por tal motivo, los especimenes son pasados por un proceso llamado aclimatacion para lograr su adaptacion total al medio ambiente.

Al no tener la misma resistencia que las plantas que se crían en condiciones normales, el control de temperatura, iluminación y humedad debe ser preciso en cada aspecto, desde la obtención del valor de cada variable hasta la pronta reacción del algoritmo de control que mantiene el ambiente estable para los especímenes.

Como este proceso se asemeja a un sistema de control en lazo cerrado, donde los sensores censan los valores de las variables e introducen el valor para la posterior corrección del error que haya causado el sistema.

Además, el proceso es un chequeo constante del ambiente del interior del invernadero, por lo que colocar una persona encargada es una decisión que está sujeta a grandes ineficiencias en el proceso de censado del ambiente, debido a la naturaleza tediosa del proceso.

El siguiente trabajo tiene por objetivo el desarrollo e implementación de un sistema que cense los valores de humedad relativa, humedad de suelo, temperatura y ejerza acciones para mantenerlas en un nivel adecuado proporcionado por el propio usuario y documentar los resultados en un tabla de Office para llevar un registro adecuado del ambiente dentro del invernadero.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. General**

Diseñar un sistema en el software LabVIEW que obtenga mediciones de temperatura, humedad relativa y de suelo a través de una tarjeta de adquisición de datos, ejerza acciones de control para mantener la temperatura y humedad en un rango establecido por el usuario y documente los cambios en las variables por un tiempo definido igualmente por el usuario.

### **1.2.2. Específicos**

1. Familiarizarse con el entorno de LabVIEW y el funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos
2. Configurar la tarjeta de adquisición de datos para recibir datos del exterior
3. Diseñar el acoplamiento de los sensores junto con su canal de comunicación hacia la DAQ NI-USB 6008
4. Diseñar y acoplar actuadores con el fin de mantener las variables a medir en un rango controlado y aceptable para el proceso de aclimatación de las plantas.
5. Diseñar un control a cada actuador acoplado al proyecto con el fin de regular y mantener automáticamente los parámetros establecidos para cada variable.
6. Diseñar el programa que recibirá la información de los sensores, controlará la acción de los actuadores y documentará las variaciones en las variables a medir.

## **1.3. Justificación**

Una planta es un ser vivo, al igual que los animales, y como tales, requieren cuidados y condiciones climáticas efectivas para poder realizar sus funciones de alimentación, desarrollo y fructificación: un cambio excesivo en la humedad, trae como consecuencias, el crecimiento alarmante de hongos en el vegetal, poniendo en peligro su supervivencia.

La razón de ser de los invernaderos es tener la posibilidad de poseer y regular un ambiente artificial, controlado en donde las variaciones de variables, tales como la temperatura y humedad, se encuentren en un mínimo tolerable para las plantas.

Es prudente mencionar el impacto del ambiente exterior sobre el comportamiento de las variables a controlar. Tomamos como ejemplo a la humedad relativa, que es el porcentaje de vapor de agua que está presente en la atmósfera. Es una medida del contenido de la humedad del aire y, por lo tanto, un útil indicador de la evaporación, y transpiración de las plantas. Sin embargo, esta sujeta a los cambios de temperatura y presión atmosférica, por mencionar unos factores, lo que hace variar su valor en diferentes medidas, dependiendo de la localización del cultivo con respecto a la Tierra. De

igual forma, la temperatura, humedad del suelo, valores de oxigenación e intercambio de aire están íntimamente ligados al comportamiento de otros factores, tanto abióticos, tales como el sol, aire, como bióticos, como los animales que interactúan con las especies vegetales.

Las plantas por su parte, tienen su propia forma de afrontar los cambios ambientales. Ante un calor que sobrepasa la temperatura a la cual están acostumbradas, reducen su actividad con el fin de evitar una pérdida masiva de agua. Un caso similar sucede cuando la temperatura cae más allá del mínimo tolerable: entran en un estado semejante a la hibernación que realizan algunas especies de animales para hacer frente a un clima inclemente. Sin mencionar que el cuadro de valores que debe adoptar las variables a controlar, sufre cambios a medida que la planta germina: cuando es una semilla, requiere de valores de temperaturas mayores que cuando sea un retoño.

Todo lo anterior nos lleva a comprender que, en función del clima y de la estación del año, y de la duración del ciclo, necesidades de temperatura y humedad relativa y del suelo, es necesario decidir los momentos óptimos en los cuales iniciar el proceso de producción de una determinada especie vegetal y poder controlar los procesos derivados del medio ambiente que tiene influencia sobre ella.

Los invernaderos, aunque reúnen las condiciones climáticas ideales para el desarrollo de las plantas, generalmente no están sujetos a un proceso de control automático: una persona o más, actúan de operarios las cuales deciden cuando y como manipular las variables de modo que se obtenga una producción eficiente. En el caso de las grandes industrias, la eficiencia está ligada al número de procesos cada vez creciente, y como consecuencia, nuevas máquinas son instaladas. Cada vez más, es el número que son puestos en marcha llegando a superar la cantidad que el operario puede supervisar.

Como respuesta a este inconveniente, surge la automatización y los sistemas de control, como una solución que permite llevar la producción a niveles cada vez mayores de calidad y eficiencia, puesto que permite controlar los procesos con la cantidad adecuada de recursos. Para este fin, se cuenta con herramientas poderosas y cada vez más avanzadas, a medida que las necesidades industriales continúan creciendo y evolucionando. Las computadoras, robots, máquinas automáticas, son el resultado de la fusión de la electrónica con procesos mecánicos automáticos creando así la automatización. Pero esto solo es un aspecto de todo el proceso. Aun cuando tengamos la tecnología más avanzada en cuanto a hardware se refiere, solo será un equipo sin capacidad de discernir las tareas que queremos que haga. Un buen software de programación nos ayuda a definir el sistema, sus parámetros y valores a comparar, las acciones de control a realizar junto a una documentación adecuada para llevar un historial de comportamiento que ayudará a detectar posibles fallas y necesidades de actualización.

Pero este proceso no está relegado a tareas y equipo de complejidad industrial únicamente. El control de procesos es aplicado en tareas sencillas pero de vital importancia, como la tratada en el siguiente trabajo.

Dado que la automatización permite al ser humano encomendar casi totalmente el trabajo de control de un proceso a dispositivos que realizan tareas sin su intervención denominados automatismos, la solución a la problemática de dirigir y supervisar un invernadero, cuyas variables siempre cambiantes son sujetas a la voluntad del medio exterior, es diseñar un sistema que compare los valores del ambiente artificial creado en la estructura y mantenerlos, mediante acciones de control en un rango definido especialmente calculado para cada especie vegetal que queramos cultivar, todo esto agregando el hecho que el sistema estará documentando los cambios que esté experimentando el ambiente.

En el caso del presente protocolo, en un invernadero que estará funcionando una buena parte del día, el simple hecho de observar las variaciones de temperatura y humedad es un proceso tedioso para un ser humano que tiende a descuidar el proceso. Además, las plantas requieren condiciones lo más parecidas a su ambiente natural para evitar enfermedades y especímenes con diferencias derivadas de condiciones de iluminación o de humedad deficientes.

Las plantas obtenidas por micropropagación tienen problemas para adaptarse a un ambiente con condiciones de temperatura, humedad e iluminación normales. Por lo tanto las ventajas que proporciona el control automático, tal como el muestreo constante de las variables, son ideales para este proyecto.

Finalmente, como el control automático no depende de la atención de una persona más que para labores de mantenimiento y calibración del equipo, constituye una ventaja de comodidad para los usuarios encargados del proceso de micropropagación.

# Capítulo 2

## Marco teorico

Los sistemas de control que se emplea en instrumentacion industrial tiene como entrada de datos los sensores que se encuentran en contacto con la variable a medir. Para el caso de nuestro invernadero, los sensores estaran en contacto con el ambiente dentro de la estructura. Con el proposito de lograr la sincronía, el sensor irá acoplado a un automatismo que generará la señal de sincronía y tambien recibirá los datos.

Usaremos como automatismo una tarjeta de adquisicion de datos, la cual está diseñada para recabar datos de sensores ubicados en el exterior conectados a ella, introducirlos en una computadora para realizar el programa de supervicion y control. Definido ya nuestro dispositivo al cual encargaremos el sistema, procedemos a elegir el software de programacion en el cual definiremos, tanto los valores en los que controlaremos las variables del medio ambiente, como las acciones de comparacion y control de las mismas. Al elegir una tarjeta de adquisicion de datos fabricada por la empresa National Instruments, el programa con el que definiremos el control y los procesos de automatizacion es conocido como LabVIEW.

La eleccion de los sensores, asi como el programa para controlar el proceso de censado, control y documentacion se presentan en este capitulo.

### 2.1. Control

En años recientes, el analisis y diseño de sistemas de control de datos discreto y digitales ha experimentado avances muy importantes. Estos sistemas han ganado mucha popularidad e importancia en la industria debido, en parte a los progresos realizados en computadoras digitales de control, en microprocesadores y procesadores digitales de control.

Los sistemas de control de datos discretos y digitales difieren de los sistemas continuos, o analogicos, en que las señales en una o mas partes de ellos se encuentran en forma de trenes de pulsos. Los datos muestreados son señales cuya amplitud está modulada por pulsos y que se obtienen mediante el muestreo de señales analogicas.

Con frecuencia, la señal con amplitud modulada por pulsos está presente en la forma de trenes de pulsos, donde la informacion s transmitida por sus amplitudes.[4]

Esta parte de la ingenieria comprende la parte relacionada con la informacion necesaria para poder ejecutar todo el trabajo relacionado con el sistema de control.[5]

El control automatico consiste en mantener un valor dentro de un punto de ajuste midiendo el valor existente, comparandolo con el valor deseado, y usando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automatico exige un lazo cerrado de accion y reaccion sin intervencion humana.[6]

Un ejemplo de una accion de control, junto a la respuesta del sistema ante esta se presenta a continuacion

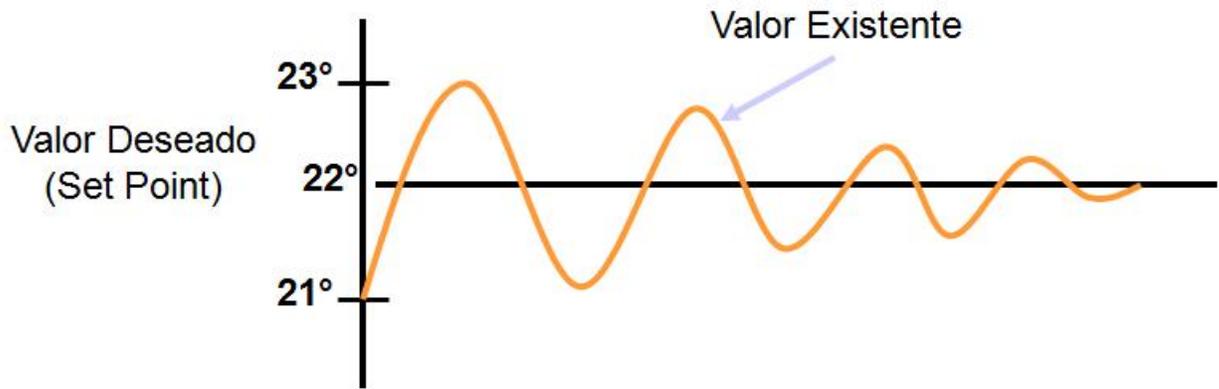


Figura 2.1: Ejemplo de control (imagen de Vancontrol)

Un sistema de control automatizado se compone de sensores y actuadores los cuales son los encargados tanto de pensar las variables y sus cambios, como de realizar las acciones de correccion de la señal, la cual llega a un automatismo, cuya tarea es el operar todas las acciones programadas, estrategias de control, secuencias de operacion, horarios, etc.[6]

## 2.2. LabView

LabVIEW es un lenguaje de programacion grafico que usa iconos en lugar de lineas de texto para crear aplicaciones y sistemas de adquisicion de datos en el area de control e instrumentacion. En contraste con la programacion basado en texto, donde las instrucciones determinan la ejecucion del programa; LabVIEW usa programacion por flujo de datos donde este influye en la ejecucion[7]

Los programas creados en LabVIEW son llamados *virtual instruments* (instrumentos virtuales) o VI, debido a que su apariencia y operacion imitan instrumentos fisicos, tal es el caso de osciloscopios, multimetros y generadores de señales. [7]

LabView provee un ambiente ideal para la simulacion y pruebas, en gran medida, gracias a su naturaleza grafica la cual permite pruebas rapidas sobre los componentes de pruebas si tener que preocuparse por incluir cabeceras de codigo encontradas principalmente en sistemas de compilacion[8]

### 2.2.1. Entorno de LabVIEW

Un VI contiene los siguientes 3 componentes:

1. *Panel frontal*: Sirve como la interface del usuario.

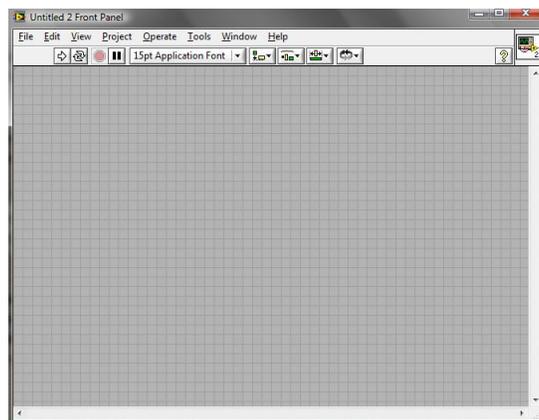


Figura 2.2: Ejemplo de un Panel frontal

Dentro del panel frontal, el usuario construye su programa con controles e indicadores los cuales son las entradas y salidas interactivas del VI, respectivamente. Los controles pueden ser booleanos, numericos, strings, arreglos matriciales o una combinacion de los anteriores. En cuanto a los indicadores, estos pueden ser del mismo tipo que los controles, agregando una visualizacion en forma de tablas, graficos en 2D, etc.

2. *Diagrama de Bloques*: Contiene el codigo grafico que define el funcionamiento del VI.

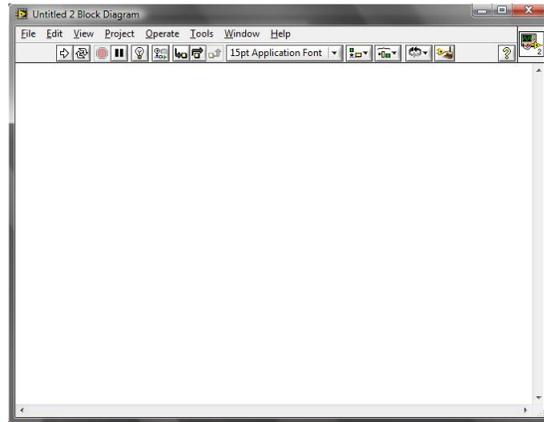


Figura 2.3: Ejemplo de un Diagrama de Bloques

Despues de construido el panel frontal, se necesita añadir codigo usando representaciones graficas de las funciones para controlar los objetos en la interfaz del usuario. El diagrama a bloques contiene este codigo. Los objetos puestos en el panel frontal aparecen como terminales en el diagrama.

Para poder transmitir datos en todo el diagrama, el usuario usa conexiones entre los objetos.

El ambiente dentro de la pantalla del diagrama a bloques muestra a los elementos del panel frontal en forma de iconos

3. *Iconos y cuadro de conexion*: Identifica el VI de manera que el usuario pueda usarlo en otro VI. Un Vi dentro de otro VI es llamado subVI.

Despues de haber creado y construido el diagrama a bloques y el panel frontal, el usuario crea el icono de su VI y su cuadro de conexion.

Cada VI tiene un icono, el cual es su representacion grafica y puede contener texto, imagenes o su combinacion. Al usar el VI como un subVI, el icono lo identifica en el diagrama a bloques, donde se coloca.

Al seleccionar el icono predeterminado creado por LabVIEW aparece un editor de icono

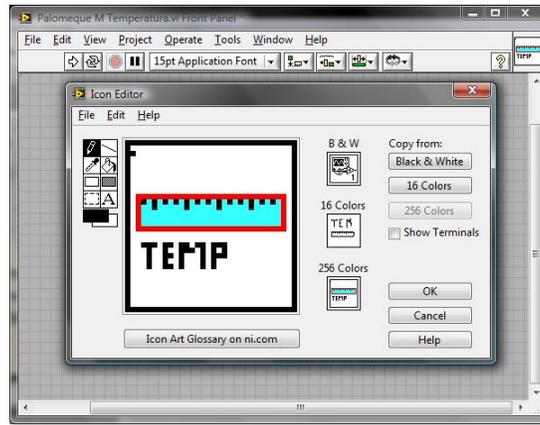


Figura 2.4: Editor de icono

En este espacio, se puede dibujar, escribir y/o usar una imagen externa. Lo ideal es crear un icono que de una referencia rapida de la duncion del VI.

Para usar un VI como un subVI, es requerido construir tambien su cuadro de conexion. Este es un arreglo de terminales que corresponden a los controles e indicadores dentro del VI. El cuadro define las entradas y salidas para poder usarlo como un subVI

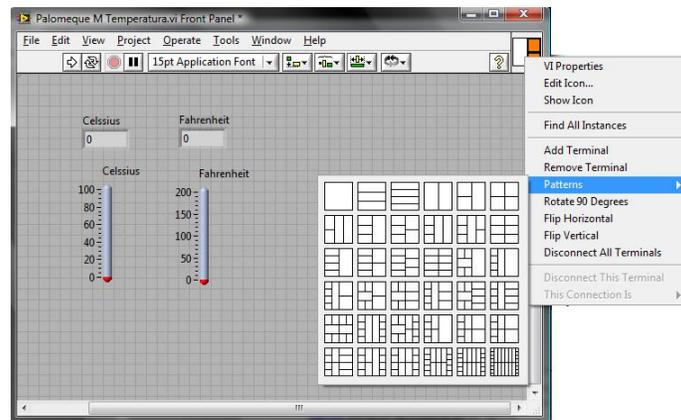


Figura 2.5: Cuadro de conexion

Para definir las conexiones, se asigna un control o indicador ubicado en el panel frontal a cada terminal del cuadro. Cada rectangulo ubicado aqui corresponde a una terminal y su numero es asignado dependiendo del numero de controles e indicadores.

Todo este proceso es para poder crear el icono por el cual, el VI será representado cuando es colocado dentro de otro VI

### 2.2.1.1. Paleta de control

El panel de control esta disponible solo para el panel frontal. La paleta de controles contiene los controles e indicadores que se usa para la creacion del panel frontal.

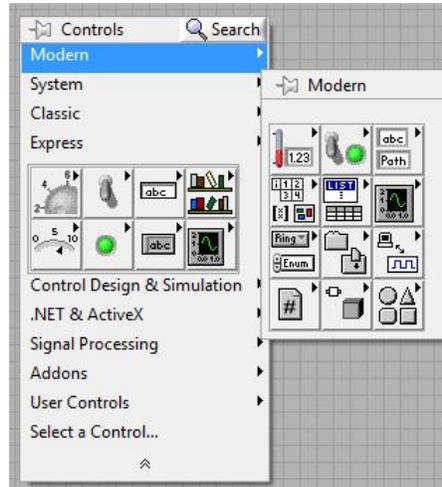


Figura 2.6: Paleta de control

Para visualizar el panel, se selecciona la siguiente ruta WINDOW >> SHOW CONTROLS PALETTE o click derecho sobre el panel frontal.

### 2.2.1.2. Paleta de funciones

La paleta de funciones esta disponible solo en el diagrama de bloques. Se compone principalmente de funciones que se usan para construir el diagrama a bloques. La figura 2.7 muestra la paleta de funciones con los submenús que contiene

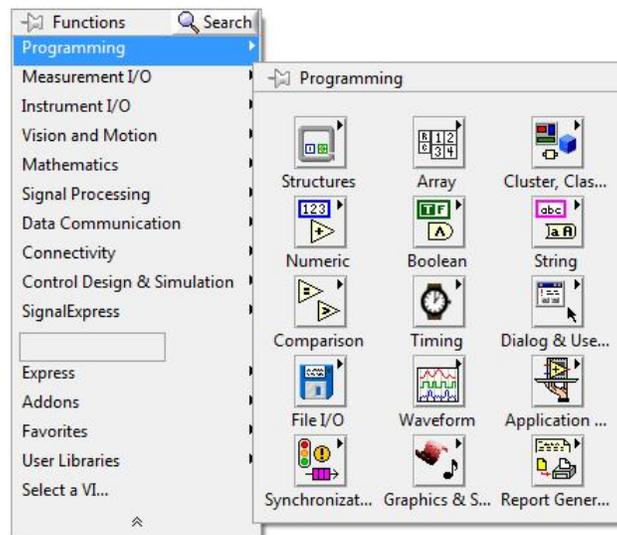


Figura 2.7: Paleta de funciones



Figura 2.8: Barra de herramientas del panel frontal

Para visualizar la paleta de funciones, se selecciona la siguiente ruta: WINDOW>>SHOW FUNCTIONS PALETTE o click derecho sobre el diagrama a bloques.

Las funciones pueden ser VIs prediseñados y que pueden ser reutilizados en cualquier aplicación, estos bloques funcionales constan de entradas y salidas y también pueden estar conformados de varios subVIs.

### 2.2.1.3. Barra de herramientas

Existe una barra de herramientas que dominan el espacio visual de la pantalla. Una hilera de botones con diversas funciones que van desde el acomodo de los objetos hasta controlar la simulación de todo el VI. A continuación se muestran las barras de herramientas con las que cuenta LabVIEW, comenzando con la que se encuentra en la pantalla principal de interfaz de usuario.

- El primer botón que contiene una flecha en su icono se llama RUN y sirve para ejecutar un VI. Una característica curiosa sobre este botón es, que muestra si hay errores en el VI apareciendo la flecha rota por la mitad. De ser así, en el momento de ser activado, saldrá una lista de errores que nos permitiera detectarlos rápidamente.
- El segundo botón se llama RUN CONTINUOUSLY, y se representa con un par de flechas en una especie de ciclo. Su función es ejecutar el VI continuamente hasta el infinito o hasta que el usuario ejecute una acción de paro.
- El siguiente botón, aparece como deshabilitado si no se está simulando un VI. Se llama ABORT EXECUTION y sirve para detener la simulación.
- El botón de PAUSA es el siguiente, y sirve para habilitar un paro momentáneo a la simulación, permitiendo su posterior reinicio.
- El siguiente botón es para modificar propiedades del texto seleccionado del VI.
- Los últimos 4 botones sirven para acomodar objetos. ALIGN OBJECTS alinea los objetos a través de sus ejes, tanto superior como inferior. DISTRIBUTE OBJECTS ayuda a espaciar objetos mediante su espaciado. El tercer botón llamado RESIZE OBJECTS y sirve para redimensionar los objetos. El último botón REORDER sirve para mover un objeto por delante o detrás de otro.

Ahora pasamos a la barra de herramientas del diagrama a bloques donde notamos la presencia de algunos de ellos que presentamos en la explicación de las herramientas del panel frontal.



Figura 2.9: Barra de herramientas

En ella vemos una serie de botones que nos serán de mucha utilidad a la hora de corroborar la efectividad de nuestros VIs ayudándonos con la simulación. A continuación, explicaremos el funcionamiento de cada uno.

- El botón representado por la bombilla se conoce como HIGHLIGHT EXECUTION y sirve para mostrar el proceso de ejecución de un VI mediante una animación que muestra el flujo de datos a través de las funciones y cableados del mismo, e incluso los valores que los datos adquieren al pasar por una función.

- El siguiente boton se llama RETAIN WIRE VALUES el cual permite obtener el valor anterior al colocar un probe.
- Los siguientes botones se llama STAR SINGLE STEPPING, el cual sirve para hacer simulacion nodo por nodo.

#### 2.2.1.4. Ayuda

Para visualizar la ayuda, se sigue la ruta HELP>>SHOW CONTEXT HELP o presionando CTRL+H, y en el cuadro aparece la informacion del objeto sobre el cual el puntero del mouse esta colocado. La informacion es un resumen conciso acerca del funcionamiento del objeto, junto con sus entradas, salidas y las funciones que tienen cada una de ellas. Para datos aun mas detallados sobre el objeto, en la parte inferior del recuadro aparece un link hacia la ayuda de LabVIEW donde se encuentra informacion mas detallada acerca de la naturaleza del objeto.

#### 2.2.1.5. Tipos de datos

Existen diversos tipos de datos que LabVIEW maneja, no solamente se limita a valores enteros o fraccionarios sin contar el hecho que necesitamos conocerlos todos para evitar errores facilmente corregibles. A continuacion, enunciaremos los mas comunes, junto a las características del conexionado que generan al ser conectados a diversas funciones:

1. Tipo Boolean: Este tipo de dato se representa con el color verde, y no solo en el conexionado, sino en las funciones en que aparece. Solo puede adoptar dos valores: verdadero o falso.
2. Tipo numerico: En esta clasificacion existen varios tipos de datos que coinciden como tales: numeros enteros, numeros racionales y complejos. Los numeros enteros tienen asociado el color azul. Los numeros racionales y complejos tienen asociado el color naranja.
3. Tipo String: son cadenas de caracteres que LabVIEW asocia con el color rosa. Aun cuando este tipo de datos estan destinados mayormente a texto, pueden contener valores que no tienen un caracter de representacion.
4. Arrays: Son un conjunto de datos de un tipo determinado, pueden ser arreglos de datos de tipo boolean hasta strings.
5. Clusters: Son agrupaciones de elementos de diferentes tipos. La ventaja de usarlos es que disminuye el numero de terminales del panel conector y elimina el desorden en el cableado.

### 2.2.2. Ejemplos en LabVIEW

#### 2.2.2.1. Operaciones aritméticas

A continuación se mostrará un ejemplo de un panel frontal construido para mostrar 2 números y las operaciones de suma y resta ilustrando además la importancia de los 2 elementos mas básicos e imprescindibles en cada VI: El control y el indicador:

- Para empezar, abrimos el LabVIEW y creamos un nuevo VI.
- Insertamos en el panel frontal 2 controles numéricos para poder introducir valores a 2 constantes diferentes

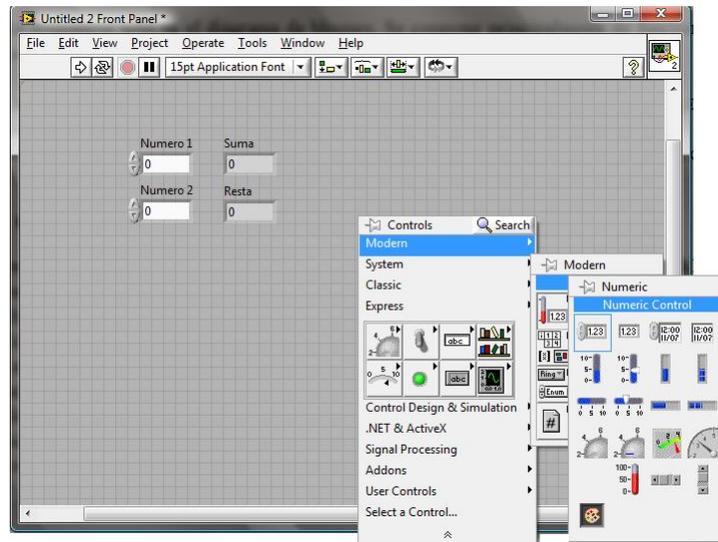


Figura 2.10: Ubicación de los controles en la paleta de control

- A continuación, agregamos 2 indicadores numéricos que mostraran los resultados de la suma y resta

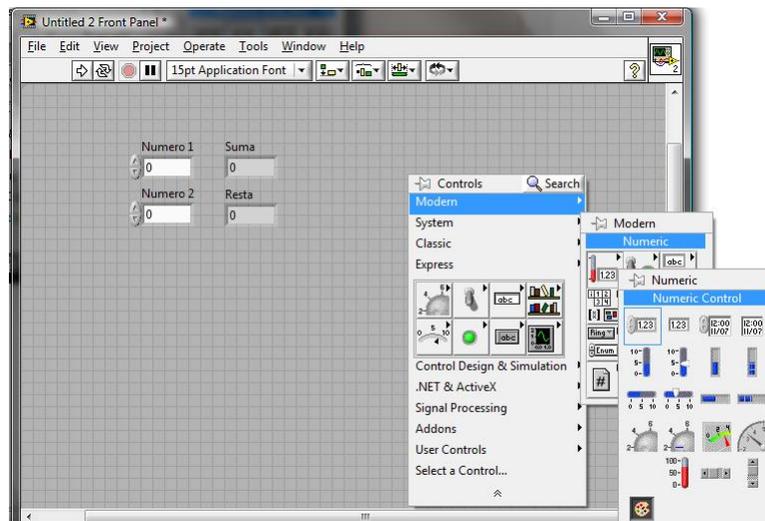


Figura 2.11: Ubicación de los indicadores en la paleta de control

Hasta ahora, hemos creado el panel frontal, en el cual introduciremos los valores numéricos y observaremos sus operaciones aritméticas de adición y sustracción. En breve, trabajaremos con el diagrama a bloques, donde las operaciones aritméticas se llevarán a cabo.

- Para pasar al diagrama a bloques, oprimimos `ctrl+E` y observamos lo siguiente en la figura 2.12

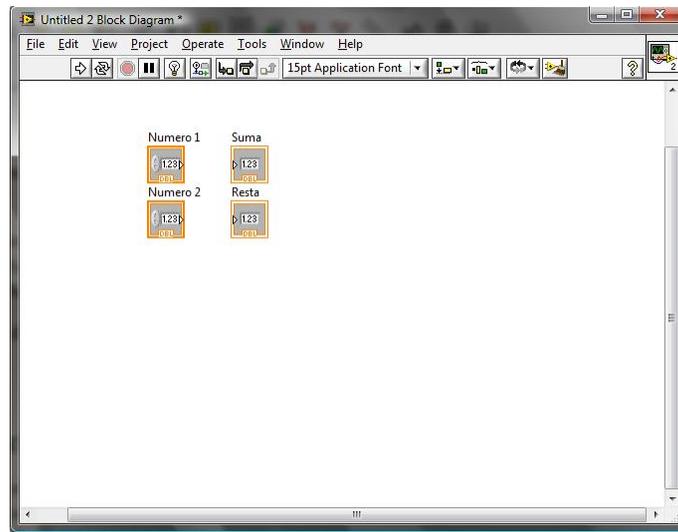


Figura 2.12: Diagrama a bloques generado

En el diagrama a bloques, se representan a los controles e indicadores mediante sus respectivos iconos. En esta pantalla, conectamos dichos iconos entre si o a funciones que realizaran las tareas que queremos realizar, y en este caso, seleccionamos de la paleta de funciones y del sub-menú numérico las operaciones de suma y resta para colocarlos en el diagrama a bloques. Fig 2.13

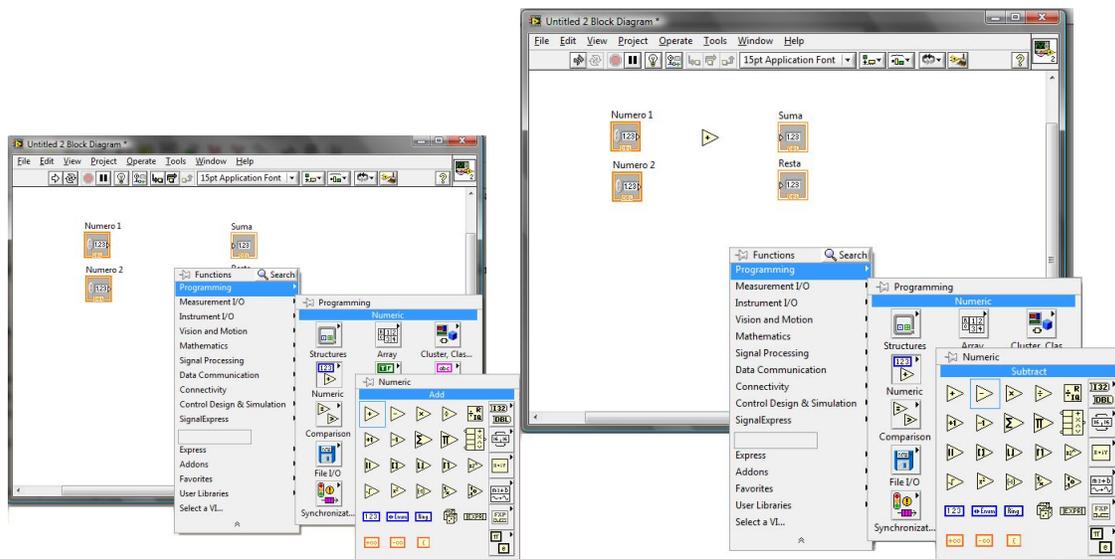


Figura 2.13: Operación de suma y resta

- Entonces, iniciamos la tarea de conexionado haciendo click sobre los puntos en forma de triángulo en el lado de los iconos de control y encaminamos la conexion hacia una de las terminales que tienen las dos funciones aritméticas que colocamos previamente. Entonces, proseguimos con la conexion de la salida de las funciones hacia los iconos indicadores. En la figura 2.14 se muestra las 2 labores de conexionado para las funciones de suma y resta por el lado del control y de los indicadores.

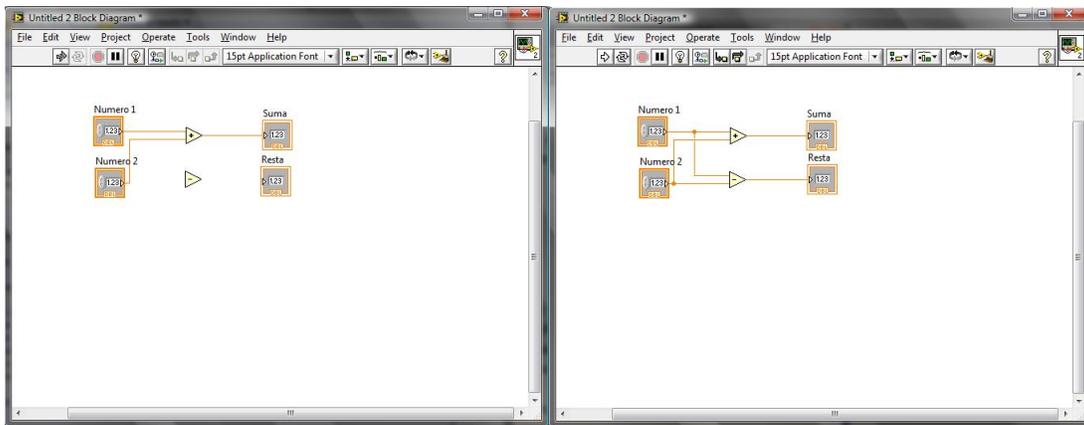


Figura 2.14: Conexionado

- Para finalizar, nos aseguraremos que el programa funcione.

### 2.2.2.2. Uso de los arrays

Los arrays son arreglos, los cuales admiten solo un tipo de datos. En ellos, podemos dimensionarlos a nuestro placer en tantos elementos y dimensiones que queramos. Los elementos, que pueden ser indicadores o controles no pudiéndose combinar, son la cantidad de datos que puede mostrar, y las dimensiones son las longitudes, alturas o profundidad del arreglo. Al crear un array, notamos inmediatamente un control al lado izquierdo, el cual sirve para visualizar a un elemento en particular usando su numero de ubicación el cual va desde 0 hasta n-1, siendo n el numero máximo de elementos.

- Empezamos situando un array en el panel frontal, donde colocaremos nuestros elementos. La siguiente figura ilustra la ubicación de los arrays

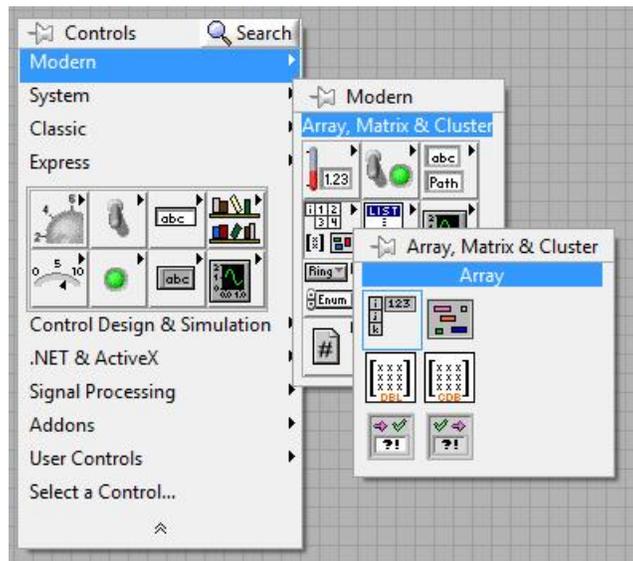


Figura 2.15: Ubicación de los Arrays

- Para mostrar los elementos, situamos un indicador o un control, dependiendo de nuestra tarea. Esto también determina el tipo de dato que usaremos. Para este ejemplo, usaremos indicadores

string ubicados en MODERN»STRING & PATH»STRING INDICATOR, los cuales nos mostrarán los 9 anteriores planetas del sistema solar. Colocamos el indicador, dentro del array previamente colocado. Vemos que el arreglo y el indicador se fusionan. Para aumentar o disminuir el numero de elementos, manipulamos el tamaño del array con sus pestañas como lo hacemos con una imagen en Office. Lo modificamos para mostrar 9 elementos.

- En el diagrama a bloques, colocaremos 9 constantes strings, una para cada nombre.
- Para colocar todos estos datos dentro del array, usaremos una función llamada Build Array ubicada en PROGRAMMING»ARRAY»BUILD ARRAY, la cual modificaremos, cambiando su tamaño para ajustar el numero de entradas con el numero de datos a introducir en el arreglo.

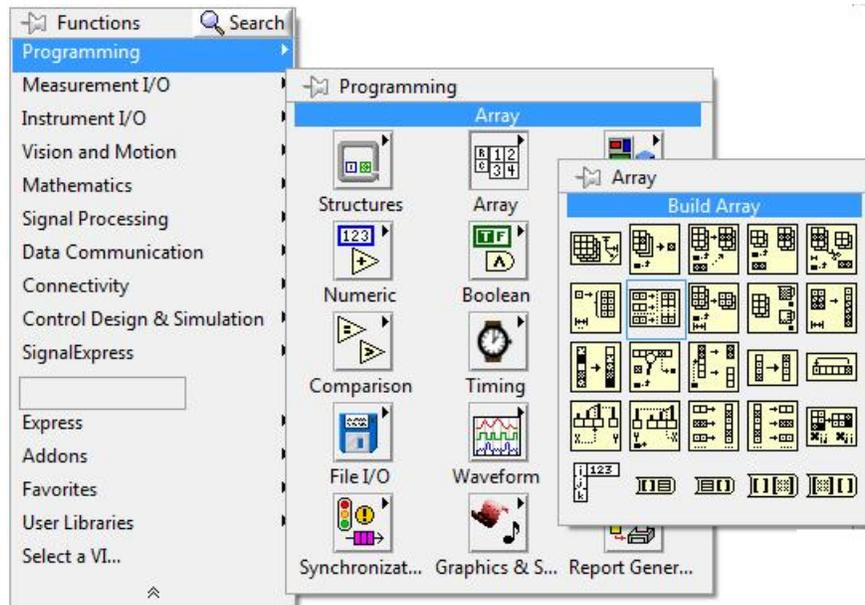


Figura 2.16: Build Array

- Una vez ajustado el tamaño de la función, e introducidos los nombres, conectamos todo y al final tenemos la siguiente imagen

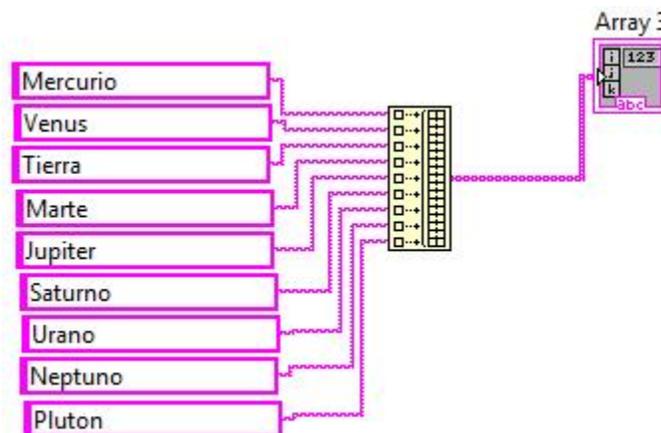


Figura 2.17: Diagrama a bloques del arreglo

- Al simularlo, tenemos lo siguiente



Figura 2.18: Simulación del array

Cambiando el número del control de la izquierda, podemos ver los elementos que corresponden al índice que nosotros queremos.

### 2.2.2.3. Uso de los Clusters

- En el panel frontal, se crea un cluster en la ruta siguiente: MODERN»ARRAY, MATRIX & CLUSTER»CLUSTER. Al colocarlo, podemos introducir los elementos de diferentes datos que nosotros queramos.

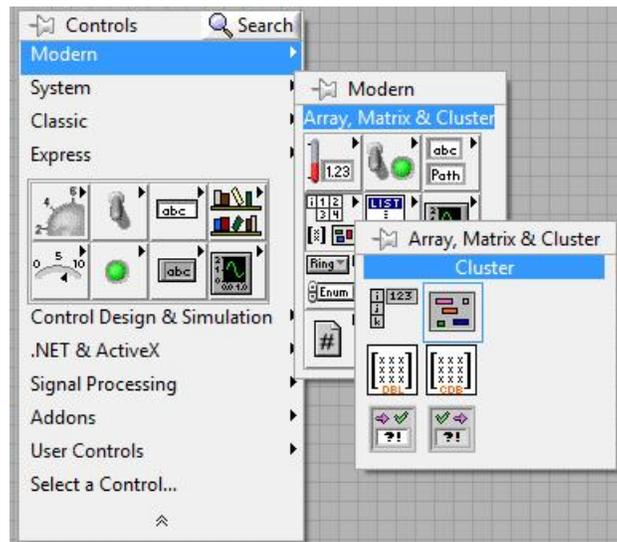


Figura 2.19: Ubicación de los clusters

- En nuestro caso ponemos, en orden, un indicador booleano, un indicador string y un indicador numérico. Mostramos como queda el cluster en el panel frontal.

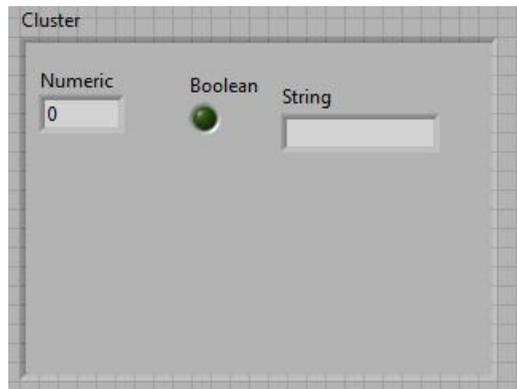


Figura 2.20: Cluster creado

- En el diagrama a bloques, colocaremos unas constantes que mostraran información en el cluster. Constante boolean, string y numérica. Para llevar esos datos al cluster, usaremos una función llamada BUNDLE, la cual tiene como misión, permitir el acceso de diferentes tipos a un cluster, ajustando su tamaño conforme el numero de elementos dentro de el.

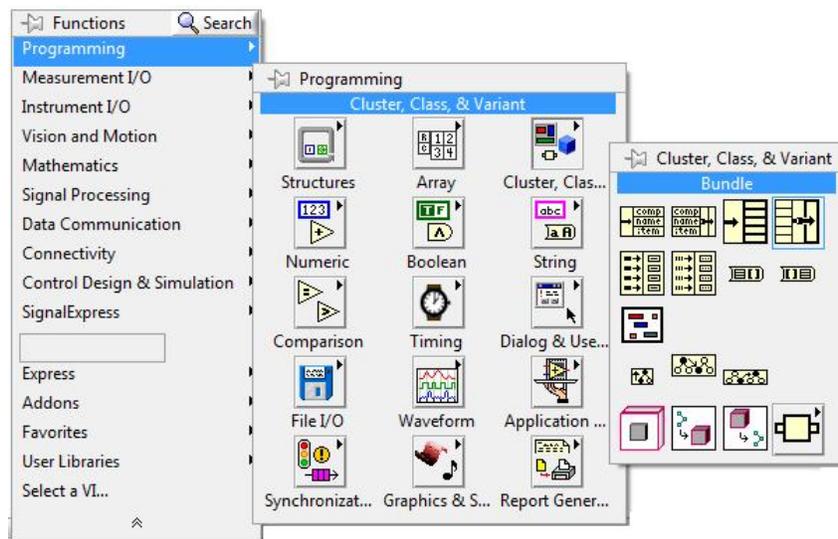


Figura 2.21: Bundle

- En nuestro caso, tenemos 3 elementos indicadores, por lo que ajustaremos el tamaño de la función bundle a 3 y después conectaremos las constantes, en el mismo orden con el que insertamos los indicadores en el cluster ubicado en el panel frontal y colocamos algunos valores arbitrarios en las constantes. Al final queda así

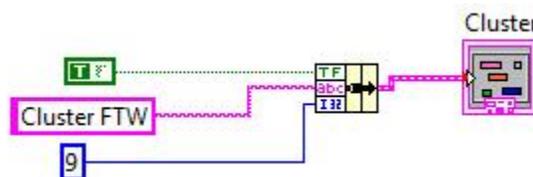


Figura 2.22: Diagrama a bloques del cluster

- Cuando simulemos el programa, este será nuestro resultado

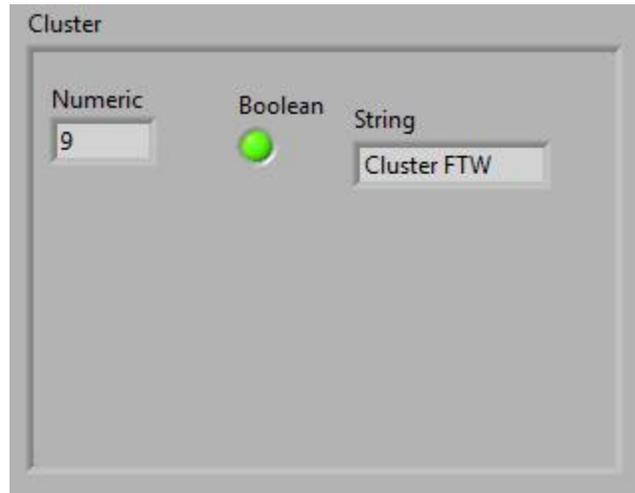


Figura 2.23: Simulacion del cluster

# Capítulo 3

## Metodología

### 3.1. Tarjeta de adquisicion de datos

La instrumentación electrónica se aplica en el censado y procesamiento de la información proveniente de variables externas, a partir de las cuales realiza el monitoreo y control de procesos, empleando dispositivos y tecnologías electrónicas.

Para las tomas de medidas del exterior, son imprescindibles el uso de sensores, que transforman una variable física en una señal eléctrica. La señal de salida de un sensor, por lo general, no son de un valor adecuado para su procesamiento. Una alternativa a esta situación es el uso de una amplificación que adapta sus niveles a los del resto de la circuitería.

Otra parte de la instrumentación es el uso de instrumentos electrónicos para su estudio y visualización. En los últimos tiempos, es muy común usar la tendencia de los instrumentos virtuales. La idea bajo esta nueva variante, es sustituir elementos hardware por software, y para ello se usa un procesador que normalmente es una PC que ejecute un programa específico, que se comunica con los dispositivos con el fin de realizar la adquisición de información y su posterior manipulación.

Para hacer el proceso de adquisición de datos del exterior, se optó por una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments: la Ni USB-6008.



Figura 3.1: Tarjeta de Adquisicion de datos

Sus principales características son:

1. 8 entradas analógicas
2. 2 salidas analógicas y 12 digitales, tanto entradas como salidas
3. Alimentación por bus.

### 3.2. Adquisición de datos: Entrada y Salida de datos

La tarjeta Ni USB 6008 es una tarjeta de adquisición de datos con 2 líneas de puertos: uno analógico y uno digital.

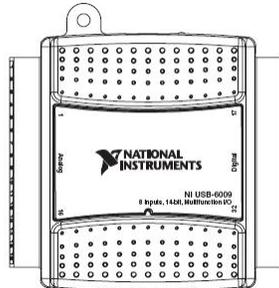


Figura 3.2: Vista frontal de la tarjeta

El puerto analógico y el digital tienen el mismo número de líneas que funcionan tanto como entrada como salida, dependiendo de la programación que se realice sobre el programa.

Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Figura 3.3: Puerto analógico y sus funciones

El puerto digital tiene la siguiente configuración en sus líneas de puerto

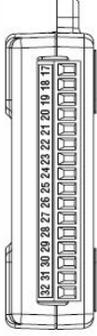
Module	Terminal	Signal
	17	PO.0
	18	PO.1
	19	PO.2
	20	PO.3
	21	PO.4
	22	PO.5
	23	PO.6
	24	PO.7
	25	PI.0
	26	PI.1
	27	PI.2
	28	PI.3
	29	PFI.0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Figura 3.4: Puerto digital y sus funciones

Para comenzar el uso de la NI USB 6008, debemos comenzar definiendo su funcionamiento con una sencilla practica de lectura de datos procedentes del exterior.

### 3.2.1. Entrada y salida digital

Las funciones necesarias para programar las operaciones de entrada y salida para la tarjeta USB-6008 se encuentran en el disco adjunto a la misma. Al instalarlo en la maquina, aparece las siguientes opciones dentro del menú DAQmx

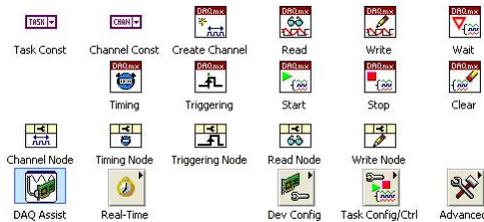


Figura 3.5: Opciones dentro del menú DAQmx

Para manipular los puertos, para que puedan leer o escribir datos, existe el termino *task*. Un task es una tarea que se asigna a una linea o al puerto entero. Para poder crear un task, se necesita la aplicacion *Measurement & Automation Explorer*, o para abreviar MAX

A continuación presento un sencillo ejercicio de practica de entrada/salida usando el puerto digital.

Con el fin de realizar una acción de lectura en el puerto, estas 2 opciones que contiene el menú DAQmx son los que realizan los comandos anteriores.

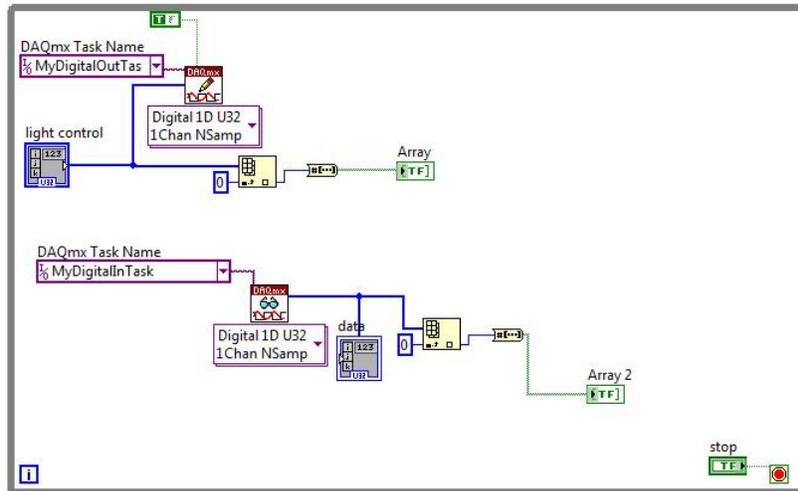


Figura 3.6: Ejercicio de lectura y escritura

### 3.2.1.1. Escritura

Para realizar el comando de escritura, el siguiente bloque es el encargado de lo anterior

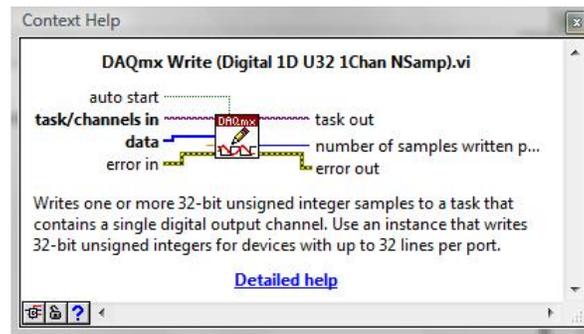


Figura 3.7: DAQmx write

Uno de los puntos importantes en esta opción es el pin que se conecta a un task o un canal. La opción *taskname* permite usar o crear una tarea, ya sea de lectura o de escritura junto a las propiedades del mismo, y se conecta a este pin. La línea de datos permite tanto la lectura o el escribir datos, y en este caso, al conectarlo a un control, estamos enviando información al comando escritura y además a un array de leds indicadores, para indicar al usuario el numero que estamos enviando en binario.

Por ultimo, la opción que tiene el comando lectura dictamina que estamos usando el puerto digital, un solo canal y en el, estamos censando múltiples señales que están cambiando. Dependiendo de la aplicacion y la naturaleza de la información que estamos enviando o recibiendo, se modifican estos parámetros en el comando de escritura.

A continuación se enumera los pasos para construir la parte del VI que realiza la función de escritura:

- Creamos un WHILE LOOP que se encuentra en la paleta de funciones Programming»Structures» While Loop, y le conectamos su control en el icono rojo de stop.



Figura 3.8: Ciclo While

- A continuación colocamos la función de escritura que se localiza en Measurement»DAQmx-Data Adquisición»DAQmx Write, y agregamos la siguiente ruta en el control violeta que se encuentra directamente bajo el icono de la función. Elegimos el puerto digital junto a un solo canal de escritura configurado para múltiples muestreos del tipo 1D, siendo un array de una dimensión

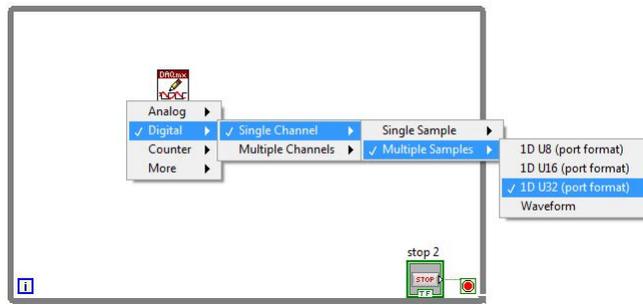


Figura 3.9: Función de escritura: opción

- Colocar y configurar una función de escritura junto al tipo de lectura y carácter de mediciones es solo la mitad del proceso real de escritura. A continuación configuraremos un task (tarea) que es el encargado de configurar un puerto como entrada o salida digital. Para eso, ponemos el puntero sobre la línea de la función de escritura llamada TASK/CHANNELS IN y hacemos click derecho sobre ella y creamos una constante. El siguiente paso es hacer click en la flecha que tiene la constante, la cual nos despliega una lista de tareas (estará vacía si es la primera task que creamos). En la opción BROWSE seleccionamos CREATE NEW y MAX TASK. Nos sale la siguiente pantalla del asistente de la DAQ. Elegimos las siguientes opciones: Generar señal digital y para eso, configuramos una sola línea del puerto como salida



Figura 3.10: Asistente de la DAQ configurado digitalmente como salida

- Nos cambiamos ahora al panel frontal, donde comenzaremos a formar la interfaz del usuario. Iniciamos colocando un par de Arrays en el panel. Los Arrays se localizan en la siguiente ruta: MODERN»ARRAY, MATRIX & CLUSTER»ARRAY, y son arreglos sistematicos de objetos colocados en columnas y/o filas. En este caso, uno de los arrays será el control desde donde escribiremos un numero y lo mandaremos hacia el exterior, hacia una barra de Leds indicadores que mostraran el numero en binario. Para eso, creamos un control y lo colocamos dentro de uno de los arrays. Proseguimos ahora creando un indicador booleano (Led redondeado) y lo colocamos dentro del otro array. En este array de 1 led, manipularemos su tamaño para que nos muestre 5 leds con ayuda de las pestañas de tamaño que aparecen en el array. El resultado se muestra a continuación

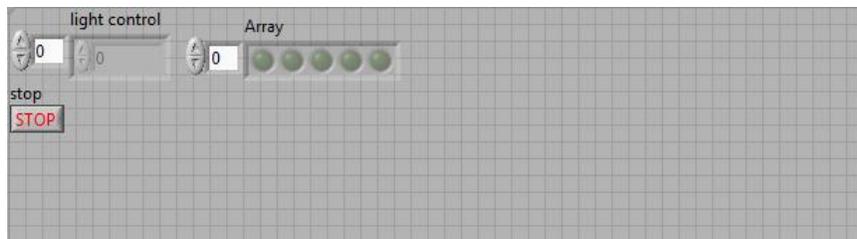


Figura 3.11: Arrays de la función de escritura

- Acercándonos al final del ejemplo, resta conectar los arrays que hemos creado y, para eso, nos cambiamos al panel de bloques. En Caso del array de control, lo conectamos a la linea de datos de la función de escritura. Para el array de los leds, tenemos que crear un array antes y guardar los datos numéricos en el y pasarlos a través de una secuencia de conversión numérica-booleana para poder ser guardados en los leds. Seguimos la siguiente ruta: PROGRAMMING»ARRAY»BUILD ARRAY, lo creamos, definimos su índice en 0 y lo conectamos a la misma linea data de la función de escritura. A continuación, crearemos la conversión numérica booleana con ayuda de la función localizada en la siguiente ruta:PROGRAMMING»BOOLEAN»NUMBER TO BOOLEAN ARRAY y lo conectamos en el otro extremo del array creado. Entonces, podemos conectar el array de leds al final del convertidor. El proceso final se ilustra a continuación

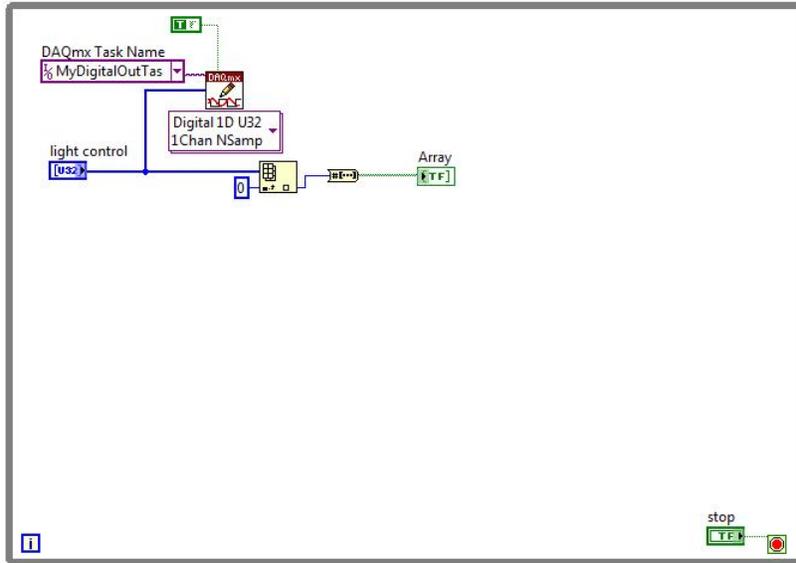


Figura 3.12: Proceso de escritura

- El paso siguiente, es la conexión de la DAQ. Para poder visualizar los datos que se escriben en el LabVIEW, conectaremos 3 Leds indicadores a las terminales de la DAQ que especificamos en la creación del task de escritura. Conectamos los Leds a unas resistencias de 330 ohms y los alambramos a las terminales de la tarjeta.

### 3.2.1.2. Lectura

En el ejercicio de lectura, usamos el mismo principio básico de conexionado, solamente modificando las líneas de conexión en relación con la forma del comando lectura

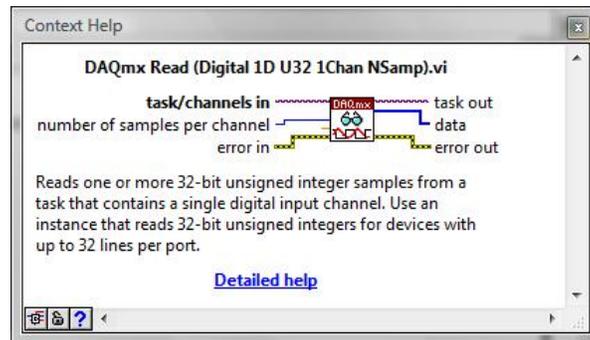


Figura 3.13: DAQmx read

Para este proceso, hay algunas pequeñas diferencias que podemos describir:

- La más importante diferencia es el uso de la función de lectura en lugar de la de escritura. Localizado en la siguiente ruta, Measurement»DAQmx-Data Adquisición»DAQmx Read, colocamos una constante en su línea de task al igual que en la función de escritura. Creamos su tarea de la misma forma que en la escritura, difiriendo en la tarea que debe realizar: adquirir señales digitales en una línea de puerto.

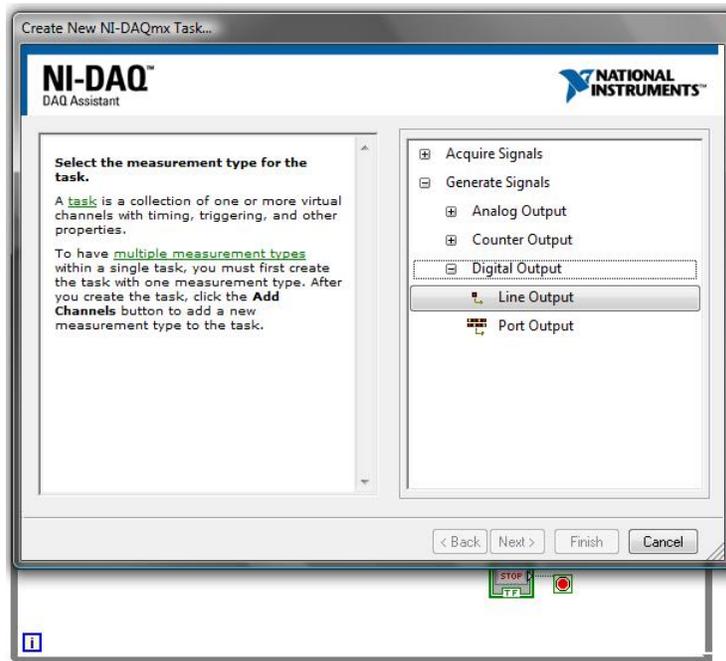


Figura 3.14: Asistente de la DAQ configurado digitalmente como entrada

- En uno de los arrays, en lugar de un control, usamos un indicador para mostrar al usuario el numero que estamos recibiendo del exterior y lo convertimos a binario para mostrar los leds encendidos.

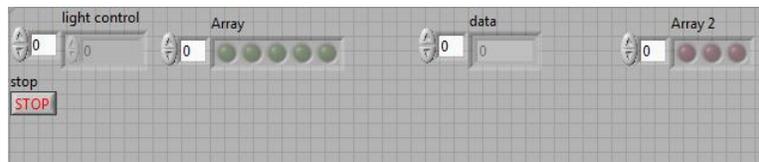


Figura 3.15: Arrays de la función de lectura

El proceso de conexión es el mismo que para la función de escritura. Al final queda lo siguiente

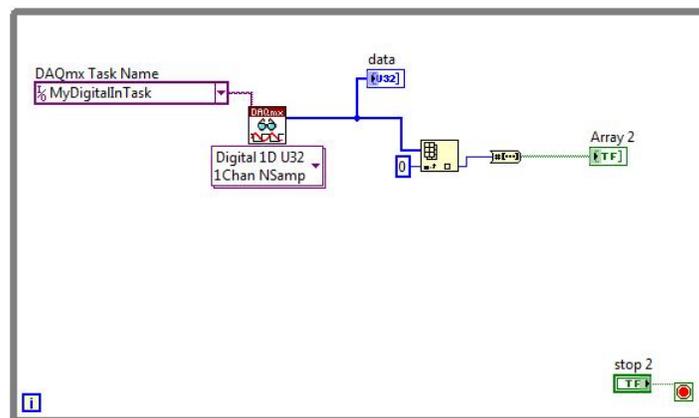


Figura 3.16: Proceso de lectura

### 3.2.2. Entrada y salida analogica

A diferencia del puerto digital, el cual solo recibe señales con valor alto y/o bajo, el puerto analogico puede recibir y generar valores entre 0 y 5 siendo este su valor maximo.

#### 3.2.2.1. Lectura

Procedemos primero a configurar una entrada analogica, por la cual se introducirá una señal a la DAQ. En el diagrama a bloques colocamos el daq assistant localizado en la siguiente carpeta.

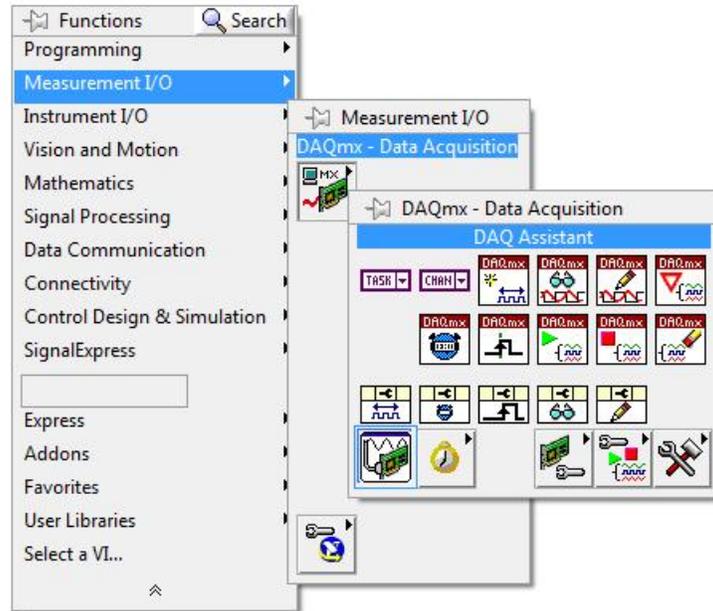


Figura 3.17: DAQ Assistant

Una vez colocado, nos aparecerá la siguiente pagina

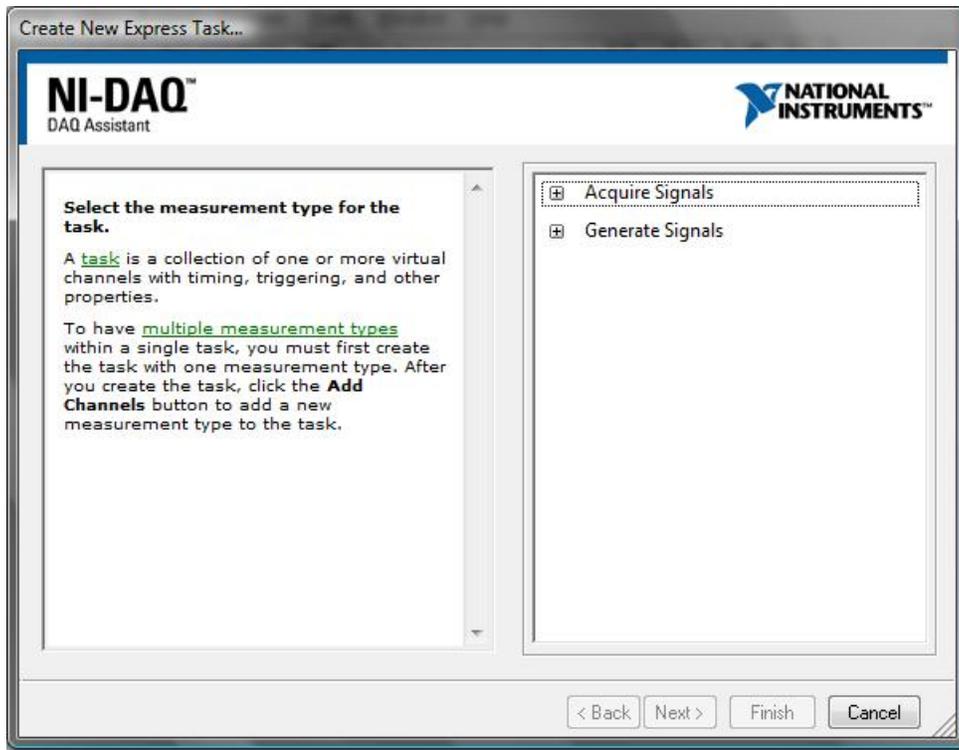


Figura 3.18: DAQ Assistant, seleccion de modos

Seleccionamos la siguiente configuracion

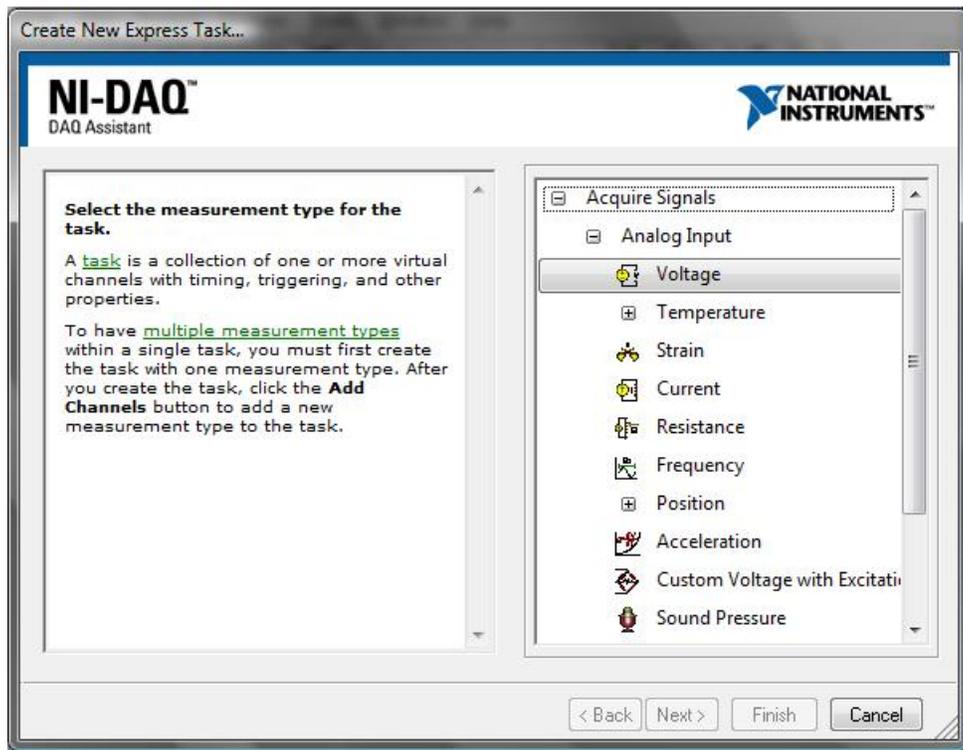


Figura 3.19: Configuracion de entrada analogica de voltaje

Elegimos el puerto ai0, el cual es el pin 2 y seleccionamos los siguientes valores

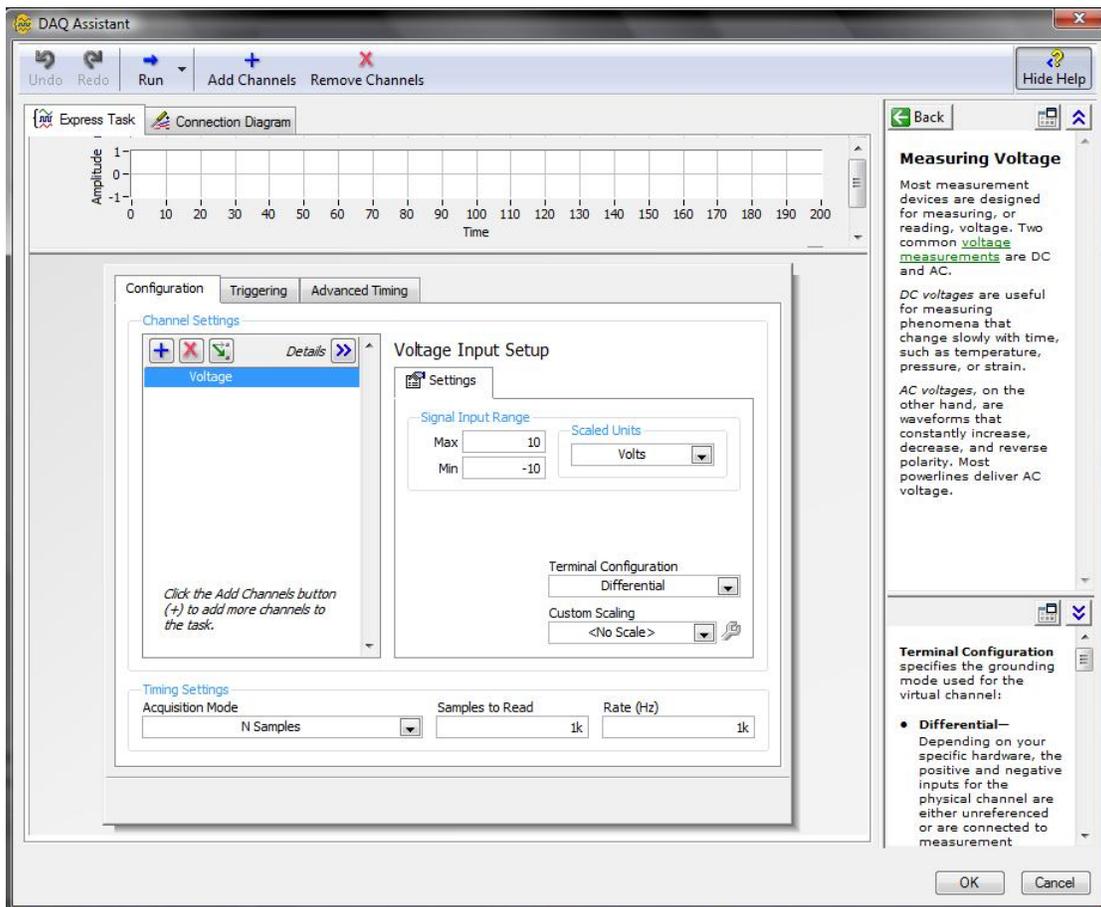


Figura 3.20: Configuración de entrada analógica de voltaje (propiedades)

Una vez configurado el DAQ Assistant, colocaremos un graficador para poder visualizar la señal que tendremos en la entrada analógica previamente configurada. Al final, así tendremos el diagrama a bloques

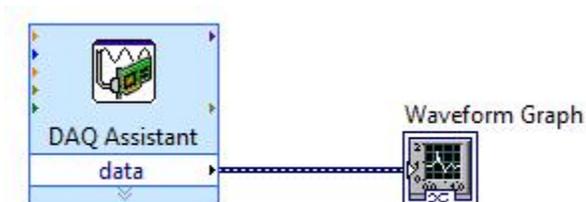


Figura 3.21: Diagrama a bloques de la entrada analógica

El panel frontal quedará así

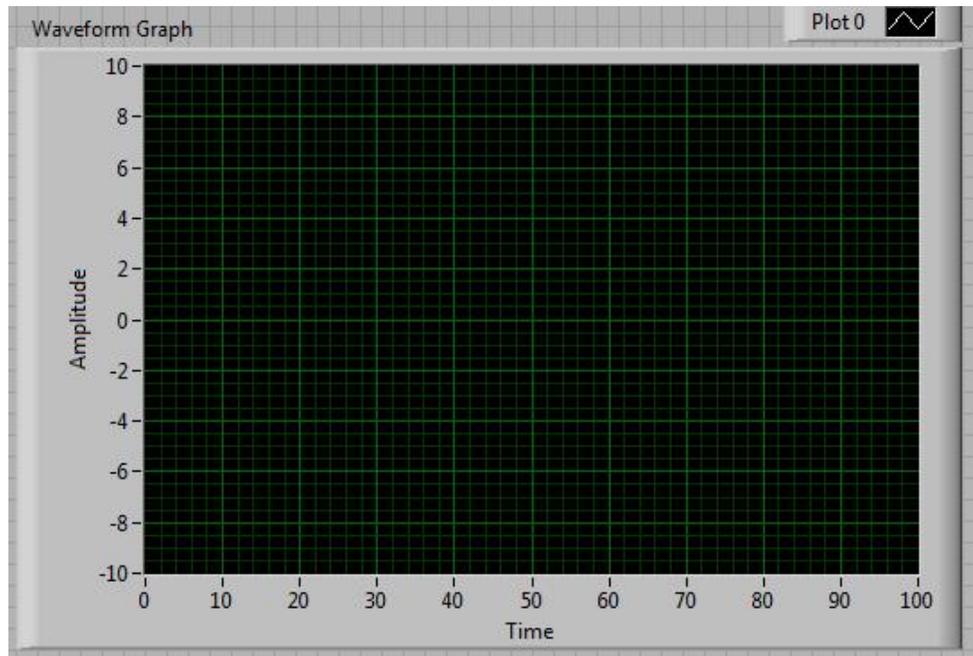


Figura 3.22: Pane frontal de la entrada analogica

#### 3.2.2.2. Escritura

Ahora, usaremos el DAQ ASSISTANT para configurar una de las 2 salidas analogicas como salida con el fin de crear una fuente de voltaje variable desde 0 a 5 volts. Los pines asignados a la primera salida analogica son 13 para GND y 14 para la señal

Seleccionaremos la siguiente configuracion

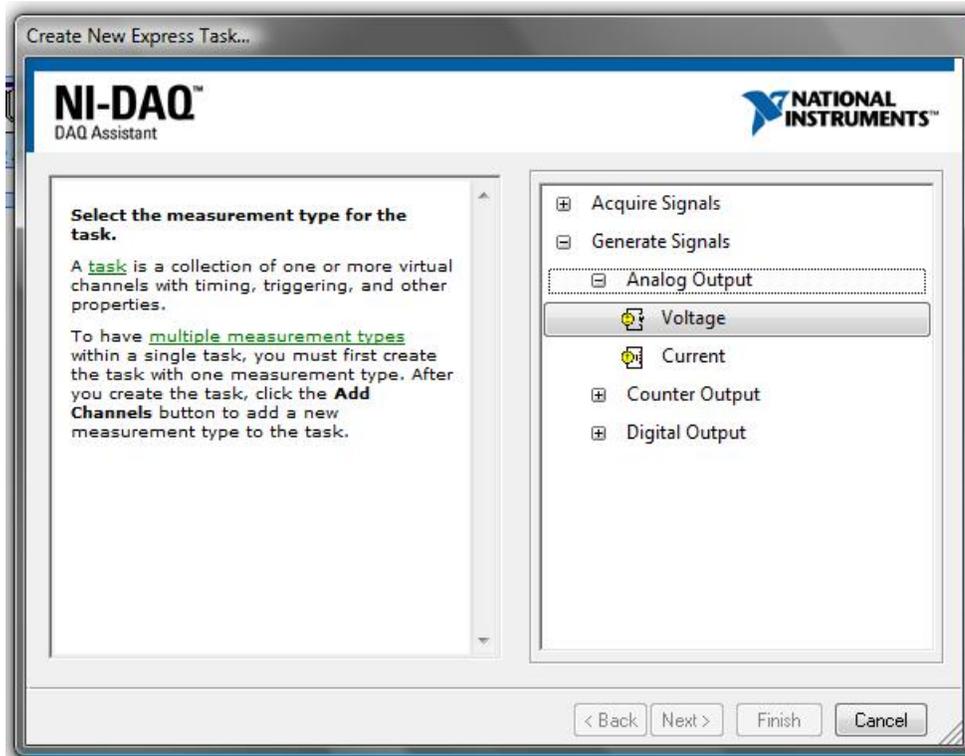


Figura 3.23: Configuración de salida analógica de voltaje

La salida analógica tendrá como límite el mencionado número de 5. Y para variarlo en los diferentes valores entre esos límites, colocaremos un control GAUGE en el panel frontal y lo conectaremos a la entrada del DAQ Assistant. Al final, quedará así el diagrama a bloques



Figura 3.24: Diagrama a bloques de la fuente variable de voltaje

El panel frontal quedará así

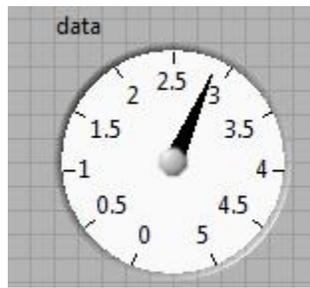


Figura 3.25: Pane frontal de la fuente variable de voltaje

### 3.3. Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Estos dispositivos detectan variaciones en las magnitudes físicas que están midiendo y las convierte en señales útiles. Ejemplos de variables son temperatura, iluminación, humedad.

#### 3.3.1. Sensor de Humedad y Temperatura relativa

Para el proyecto, se eligió el uso del sensor Sensirion SHT71, Entre sus características están:

1. Sensor digital
2. Capacidad de medición tanto para la variable de temperatura como de humedad

Entre las razones a elegir este sensor es, puesto que al medir tanto humedad como temperatura, nos ahorra el conexionado de un sensor extra.

Otra razón es, que al ser digital, se evita la necesidad de usar electrónica asociada al acondicionamiento de señales, propia de los sensores analógicos.

El sensor SHT71 es parte de una familia de sensores de la compañía Sensirion diseñado para mediciones de humedad relativa y temperatura. Este sensor viene con 4 pines o patas.

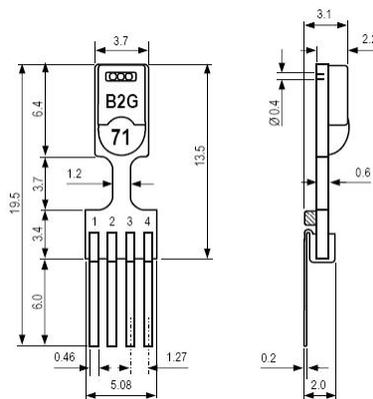


Figura 3.26: Dimensiones del SHT 71

De acuerdo a la figura 3.1, el sensor consta de 4 pines los cuales se explican a continuación, junto con el funcionamiento que desempeñan en la tarea de medición entre otras:

1. Pin SCK: *Entrada de reloj serial*. Es usado para sincronizar la comunicacion entre el sensor y un microcontrolador.
2. Pin VDD *Voltaje de alimentacion*. El voltaje de alimentacion del sensor debe estar en el rango de 2.4 a 5.5 V.
3. Pin GND *Tierra*.
4. Pin DATA *Comunicacion bidireccional de datos*. Este pin es usado para transferir datos hacia el exterior o el interior del sensor. Para enviar un comando hacia el sensor, DATA es validado en el flanco de subida del pin SCK, y debe permanecer estable durante el valor alto del reloj serial. Despues del flanco de bajada de SCK el valor de DATA debe cambiar.

### 3.3.1.1. Comunicacion con el sensor

- Inicializando el sensor

Como primer paso, el sensor es alimentado por la fuente. Despues de conectarlo, requiere un tiempo de 11 milisegundos para ponerse en funcionamiento. Antes de ese tiempo, el sensor no debe recibir instrucciones.

- Enviando una instruccion

Para iniciar una transmision, una secuencia de iniciar transmision debe ser enviada. Consiste en una disminucion de la linea DATA mientras SCK esta en alto, seguida por un pulso bajo en el reloj serial y un flanco de subida en DATA mientras SCK esta en nivel alto. La figura siguiente ilustra el proceso.

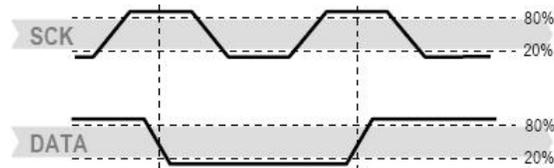


Figura 3.27: Secuencia de inicio de transmision

Lo que sigue consiste en una direccion de 3 bits (solamente soporta “000”) y un comando de 5 bits. El sensor indica la recepcion de un comando al poner el pin DATA bajo despues del flanco de bajada del octavo pulso en SCK. DATA es liberado y puesto en alto despues del noveno pulso en SCK. Los comandos, junto a su codigo de 5 bits de instruccion se presentan en la siguiente figura

Command	Code
Reserved	0000x
<b>Measure Temperature</b>	<b>00011</b>
<b>Measure Relative Humidity</b>	<b>00101</b>
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
<b>Soft reset</b> , resets the interface, clears the status register to default values. Wait minimum 11 ms before next command	<b>11110</b>

Figura 3.28: Comandos y codigo

- Medicion de temperatura y humedad

Despues de de mandar la instruccion de medicion (“00000101” para humedad relativa, “00000011” para temperatura), el controlador tiene que esperar por la medicion completa. Toma entre 20-320 milisegundos dependiendo de la medicion. Para señalar la completacion de una medicion, el sensor pone a DATA en nivel bajo y entra en modo Idle: el controlador debe esperar por la señal de DATA Ready antes de resetear SCK.

- Secuencia de Reset

Cuando la comunicacion con el dispositivo se pierde, la siguiente señal reiniciará la interface serial: mientras se deja a DATA en alto, se manda un pulso en SCK 9 o mas veces. Esto debe ir precedido por una secuencia de inicio de transmision precediendo el siguiente comando.

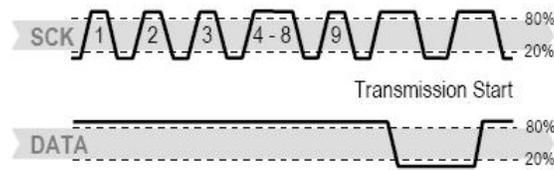


Figura 3.29: Comando de Reset

### 3.3.1.2. Conversion de la señal de salida

- Humedad relativa

Para compensar la “no linealidad” del sensor de humedad, y obtener la mayor precision, se recomienda usar la siguiente formula para convertir las lecturas de humedad:

$$RH_{lineal} = C_1 + C_2 * SO_{RH} + C_3 * SO_{RH}^2 (\%)$$

siendo SO la medicion que obtuvimos de la humedad.

C1, C2 y C3 son coeficientes dados en la satasheet del sensor con el fin de obtener la total precision del calculo de la humedad.

Los coeficientes se dan en la siguiente figura

SO <sub>RH</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
12 bit	-2.0468	0.0367	-1.5955E-6
8 bit	-2.0468	0.5872	-4.0845E-4

Figura 3.30: Coeficientes de conversion

Para temperaturas significativamente diferentes de 25 grados, el coeficiente de temperatura del sensor de humedad debe ser considerado mediante la siguiente formula

$$RH_{TRUE} = (T_C - 25) * (t_1 + t_2 * SO_{RH}) + RH_{linear}$$

SO <sub>RH</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Figura 3.31: Coeficientes de compensacion

VDD	d <sub>1</sub> [°C]	d <sub>1</sub> [°F]
5V	-40.00	-40.00
4V	-39.75	-39.50
3.5V	-39.66	-39.35
3V	-39.60	-39.28
2.5V	-39.55	-39.23

SO <sub>T</sub>	d <sub>2</sub> [°C]	d <sub>2</sub> [°F]
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

Figura 3.32: Coeficientes de conversión de temperatura

- Temperatura

El sensor de temperatura tiene un comportamiento muy lineal y eso se debe a su diseño, por lo que no se requieren más datos de precisión para compensar sus mediciones. Únicamente usamos la siguiente fórmula para convertir los valores digitales a temperatura

$$Temp = d_1 + d_2 * SO_T$$

Donde SO<sub>T</sub> es el valor obtenido mediante el proceso de adquisición.

Los coeficientes d<sub>1</sub> y d<sub>2</sub> son obtenidos de las siguientes tablas.

dependiendo del voltaje que le llegue al sensor, el primer coeficiente oscila entre -40 y -39.55 para valores Celsius.

- Punto de rocío

Por último, aun cuando este tipo de sensor no mide directamente el punto de rocío (temperatura por la cual comienza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire), podemos obtenerlo de las mediciones de humedad y temperatura

$$T_d(RH, T) = T_n * \frac{\ln(\frac{RH}{100\%}) + \frac{m * T}{T_n + T}}{m - \ln(\frac{RH}{100\%}) - \frac{m * T}{T_n + T}}$$

donde RH y T son los valores de humedad y temperatura, respectivamente ya compensados y linealizados.

El ln representa el logaritmo natural.

Los valores m y T<sub>n</sub> se obtienen de la siguiente tabla:

Temperature Range	T <sub>n</sub> (°C)	m
Above water, 0 – 50°C	243.12	17.62
Above ice, -40 – 0°C	272.62	22.46

Figura 3.33: Tabla de coeficientes para el punto de rocío

### 3.3.2. Sensor de humedad del suelo

Un tensiometro mide el estado energetico del agua en el suelo, que es una medida de la energia con la cual el agua esta retenida por el suelo. Conociendo la propiedad de conduccion del agua, si se encuentra disuelta en sales, diseñamos un sensor basado en un timer 555. Es un circuito integrado el cual tiene entre sus aplicaciones generador de pulsos digitales el cual será usado en este proyecto.

El 555 tiene los siguientes pines:

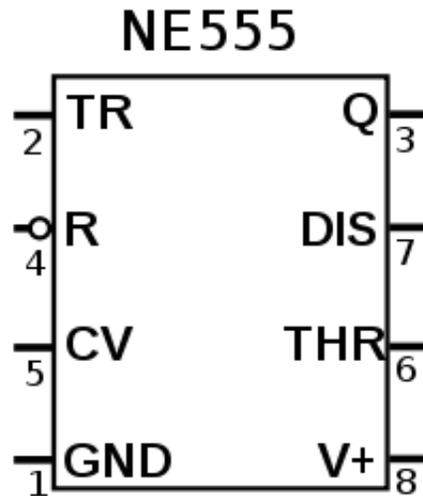


Figura 3.34: El 555

- GND (Tierra): Es el polo negativo de la alimentacion
- TR (Disparo): En este pino, es donde se establece el inicio del tiempo de retardo al ser usado como monoestable.
- Q (Salida): El resultado de la accion de temporizacion es visualizado aqui, sin importar la configuracion que tenga el integrado.
- R (Reset): El pin de reseteo, para que funcione, debe recibir un nivel bajo para poner la salida en ese nivel. Por lo tanto, si no se usa, se debe mandar continuamente un valor alto para evitar el reseteo.
- CV (Control de voltaje): Cuando se usa en modo de controlador de voltaje, el aplicado en este pin puede variar entre VCC hasta 0 V los cuales son regulados por las resistencias y capacitores conectados de manera externa.
- THR (Umbral): La entrada a un comparador interno que tiene el 555 y se usa para poner la salida a nivel bajo.
- V+ (Alimentacion): Es el pin donde se conecta el voltaje de alimentacion con un rango desde 4.5 hasta 18 V maximo.

El 555 en modo astable, crea en su salida una forma de onda rectangular, cuyo ancho de pulso es manejado con los valores de ciertos elementos en el diseño.

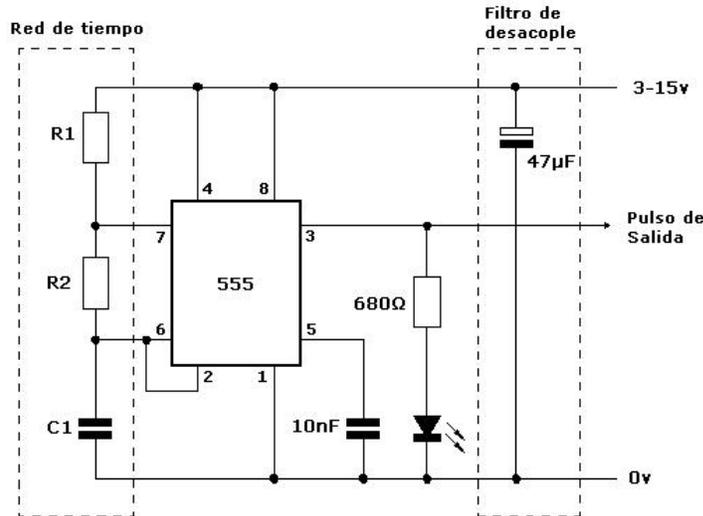


Figura 3.35: 555 en modo astable

La señal de salida tiene un nivel alto por un tiempo denominado generalmente como  $t_1$ , y un nivel bajo por un tiempo  $t_2$ . La duración de estos dependen de los valores de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$ , a su vez del capacitor  $C_1$ . Las formulas para deducir los tiempos se dan a continuación

$$t_1 = \ln(2) * (R_1 + R_2) * C_1 \approx 0.693 * (R_1 + R_2) * C_1 \text{ (en segundos).}$$

$$y$$

$$t_2 = \ln(2) * R_2 * C_1 \approx 0.693 * R_2 * C_1 \text{ (en segundos)}$$

La frecuencia con que la señal de salida oscila está dada por la siguiente formula.

$$f = \frac{1}{0.693 * C_1 * (R_1 + 2 * R_2)}$$

y para calcular el periodo es simplemente

$$T = \frac{1}{f}$$

El circuito usado para crear el sensor de humedad del suelo se deriva totalmente de la configuración astable: un pulso digital cuya frecuencia es regulada por dos electrodos que se hunden en la tierra y están conectados a las terminales 7 y 2. La resistividad presente en ese momento en el suelo donde se colocan los electrodos será el que defina la frecuencia de los pulsos que generará el 555 y que se visualizará en el LED indicador, cuyo destello será proporcional a la humedad del suelo. La resistividad entre los pines 7 y 2 equivale al valor de la resistencia  $R_2$  que se encuentra entre dichos pines, por lo cual su valor influirá en el valor de los tiempos en que los pulsos estarán en nivel alto y bajo.

A continuación mostramos el diagrama del sensor, viendo de nuevo la configuración como multivibrador astable.

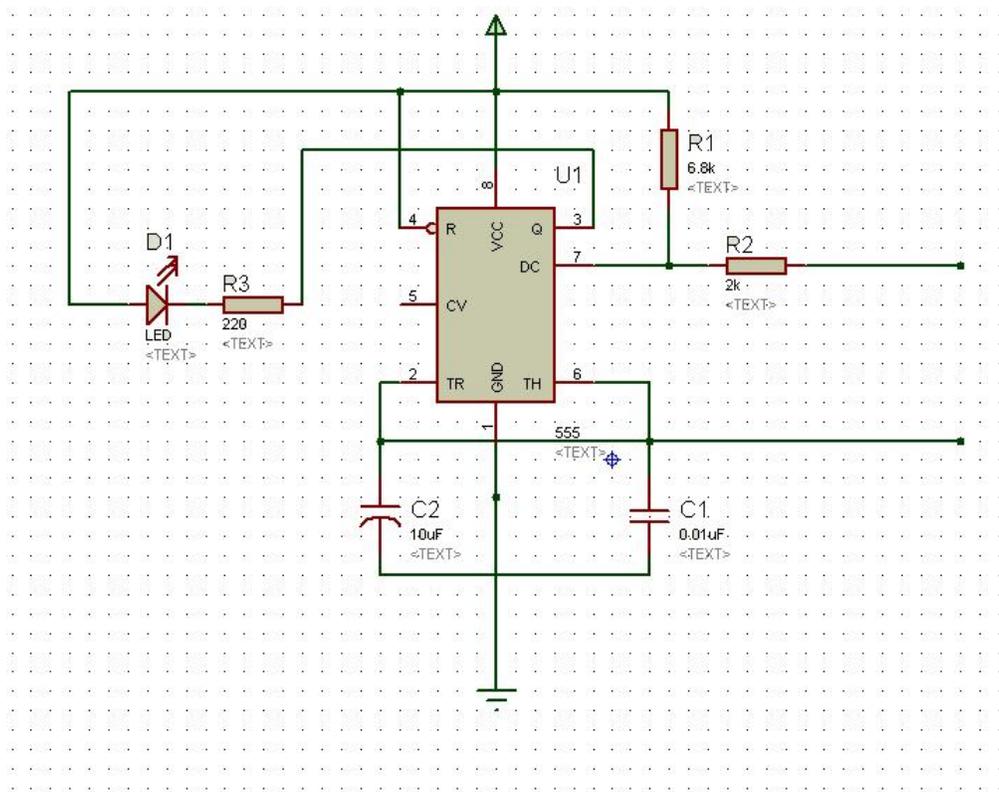


Figura 3.36: Sensor de humedad basado en el 555

La primera fase del proceso de censado de humedad de suelo es diseñar y construir el sensor, y ahora se creará el código de LabVIEW.

Usaremos las entradas analógicas para conectar la salida del 555 con el fin de usar un medidor de frecuencias.

Primero, en el diagrama a bloques, colocamos un ciclo while para anidar el código que colocaremos a fin de ejecutarse indefinidamente.

Dentro del ciclo, ponemos una estructura secuencial con 2 compartimientos para colocar el mismo número de código por cada sensor que pensamos colocar. En esta estructura, colocaremos un DAQ Assistant configurado como entrada de datos analógicos.

En el primer puerto de entrada analógico, irá la salida del 555. Como recibimos un tren de pulsos, solo nos interesará el índice de frecuencia de los pulsos y no su voltaje.

Para obtener una lectura de la frecuencia, usaremos una función llamada TIMING AND TRANSITION MEASUREMENTS localizada en la siguiente locación

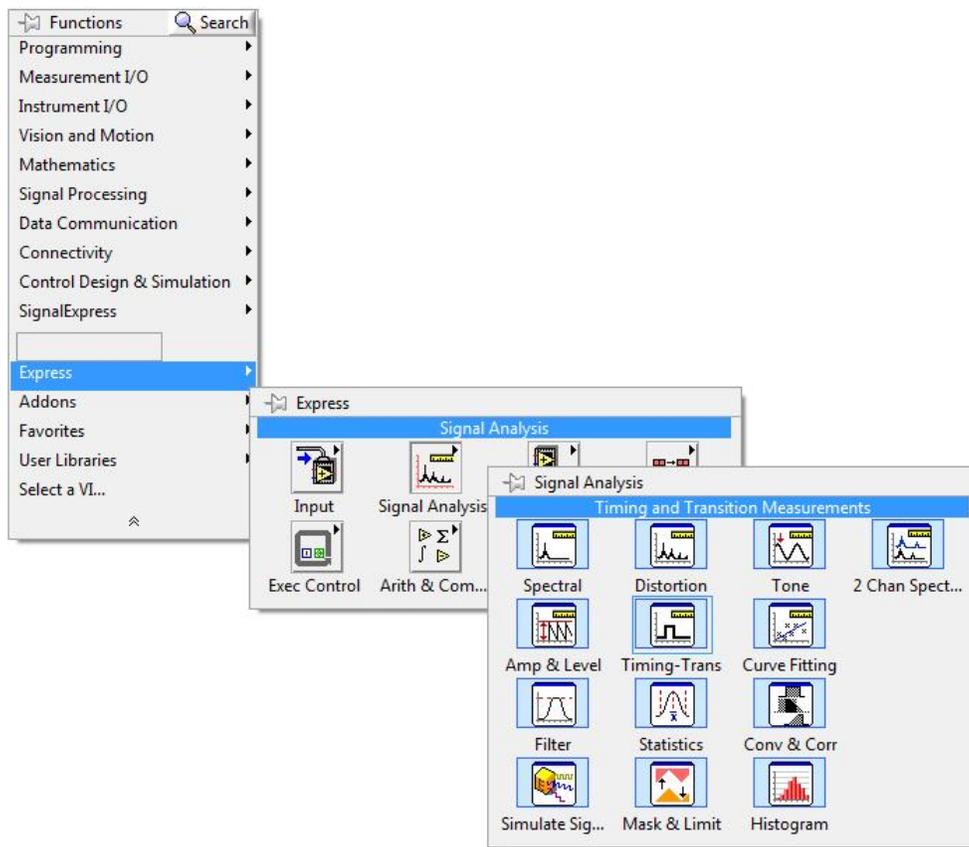


Figura 3.37: Timing and Transition Measurements

Entre las características que tiene esta función, podemos mencionar que es capaz de medir los parámetros de la señal a la que se conecta:

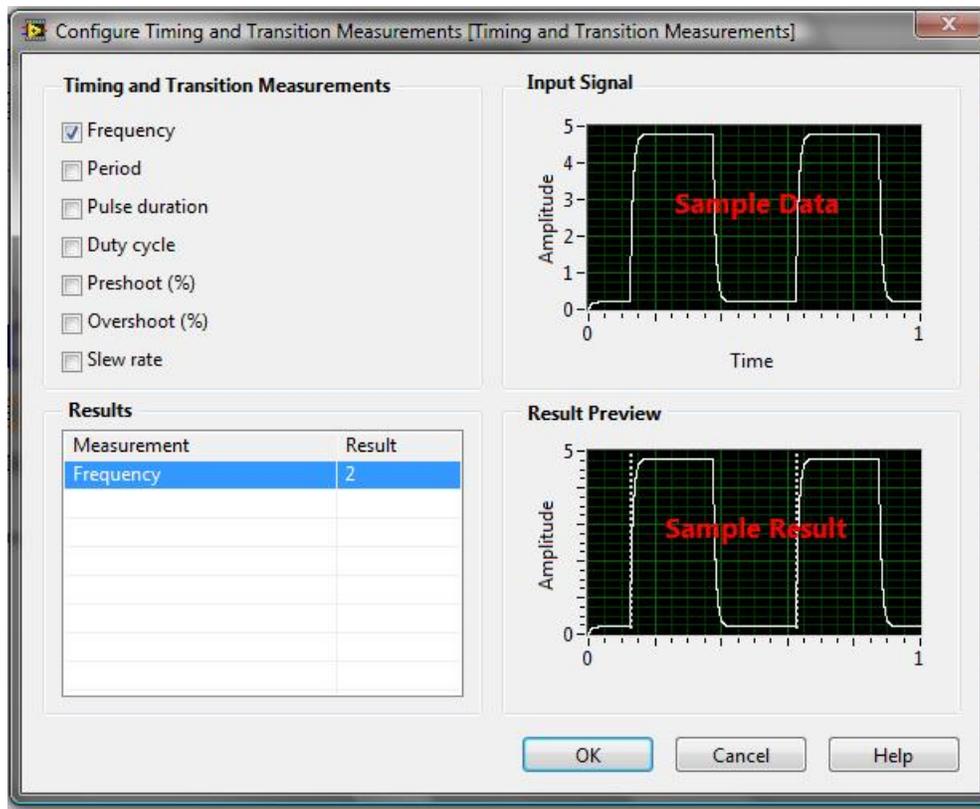


Figura 3.38: Opciones de medicion de la funcion Timing and Transition Measurements

Elegiremos la opcion de medicion de frecuencia, dado que es el parametro que varia en las lecturas de humedad de suelo, asi que, colocamos esta funcion a la salida del DAQ Assistant. Pasamos un convertidor de datos a single en la salida de esta funcion. La razon es, que la lectura de los sensores de humedad de suelo no son completamente lineales, por lo que hay que encontrar una ecuacion que describa el comportamiento de la humedad. Pasamos el valor de la frecuencia por un multiplicador con el objetivo de tener el numero de pulsos obtenidos. El numero que lo multiplicará será el tiempo de muestreo.

Necesitamos manipular las lecturas de frecuencia, que sale en un tipo de dato dinamico, el cual no es aceptado por algunas funciones.

Colocamos un EXPRESSION NODE ubicado en la siguiente:



Se obtuvo los siguientes valores, al usar el mismo diseño de sensor conectado a un microcontrolador con el objetivo de obtener el comportamiento de la variable con un tipo de suelo

Pulsos	% de humedad	Cantidad de agua
53	10	0 ml
66	18	5 ml
53	23	10 ml
63	55	15 ml
65	40	20 ml
75	51	25 ml
83	51	30 ml
80	58	35 ml
88	67	40 ml
90	70	45 ml
91	75	50 ml
91	79	55 ml
77	78	60 ml
96	80	65 ml
100	80	70 ml
100	80	75 ml
96	82	80 ml
96	82	85 ml
96	85	90

Cuadro 3.1: Valores de humedad y frecuencia

El metodo de ajuste de curvas es, apartir de una tabla de valores, encontrar una curva que se ajuste de la mejor manera a los datos, encontrando el valor de los parametros para minimizar el error.

Este metodo nos da una expresion matricial el cual usaremos para calcular una ecuacion de orden variable con los datos obtenidos

$$\begin{bmatrix} \sum x_j^n & \sum x_j^{n-1} & \dots & \sum x_j & N \\ \sum x_j^{n+1} & \sum x_j^n & \dots & \sum x_j^2 & \sum x_j \\ \vdots & & & & \\ \sum x_j^{2n-1} & \sum x_j^{2n-2} & \dots & \sum x_j^n & \sum x_j^{n-1} \\ \sum x_j^{2n} & \sum x_j^{2n-1} & \dots & \sum x_j^{n+1} & \sum x_j^n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \\ a_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum f_j \\ \sum x_j f_j \\ \vdots \\ \sum x_j^{n-1} f_j \\ \sum x_j^n f_j \end{bmatrix}$$

Figura 3.41: Sistema de ecuaciones en forma matricial

Al colocar los datos para calcular una ecuacion de primer orde que colocaremos como ejemplo en el nodo de expresion, nos queda la siguiente matriz

$$\begin{bmatrix} 19 & 1559 \\ 1559 & 132281 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1164 \\ 101500 \end{bmatrix}$$

$$a_2 = -51.4544884$$

$$a_1 = 1.37372372$$

$$y = a_1x + a_2$$

$$y = 1.37372372x - 51.454488$$

## 3.4. Variables

### 3.4.1. Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a nociones de calor o frío. Es una medida del calor de una sustancia, más concretamente de sus partículas. El calor, por otro lado, es una forma de energía que es creada por el movimiento de los átomos y moléculas de una sustancia.

En términos de cultivos en invernaderos, es de los parámetros a controlar más importante, ya que influye en el crecimiento de las plantas.

Los procesos fisiológicos tienen diferentes temperaturas óptimas y diferentes plantas tienen necesidades de temperatura diferentes dependiendo de sus necesidades.

Para cada especie, es conveniente conocer:

- Temperatura mínima letal
- Temperatura máxima y mínima biológica
- Temperatura diurna y nocturna óptima

### 3.4.2. Humedad

La definición de humedad es la cantidad de vapor de agua que hay en la atmósfera. Se puede expresar de forma absoluta mediante *la humedad absoluta*, o de forma relativa mediante *la humedad relativa*.

Las plantas necesitan una cierta cantidad de humedad para poder realizar la transpiración, la cual es un proceso realizado por ellas mediante el cual, expulsan agua a la atmósfera mediante unas aperturas microscópicas llamadas estomas.

### 3.4.3. Iluminación

Es la acción de iluminar. En la física y en la práctica, se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir efectos luminosos tanto prácticos como decorativos. Al realizarla se pretende conseguir un nivel de iluminación adecuado al uso que se quiera dar al espacio iluminado. Hay diferentes clases de luz:

- *Luz natural*: proporcionada por la misma luminosidad del día, existen tipos de iluminación y se divide según la temperatura que consigan.
- *Luz artificial*: proporcionada por la iluminación artificial como focos, lámparas etc.

La luz es el factor principal para el desarrollo y salud de las plantas. Mediante la luz, las plantas realizan la fotosíntesis que les permite crear el alimento necesario para su organismo. El crecimiento de una planta, así como el número de horas que está activa depende de la luz que la misma planta recibe.

La luz depende de 3 factores:

- *Intensidad*: depende de la luminosidad o el nivel de luz.
- *Duración*: es el tiempo total en el cual las plantas reciben luz. Este factor solamente influye en algunas plantas de interior.
- *Calidad de la luz*: esta depende de la longitud de onda. Es un factor a tener en cuenta en caso que se quiera iluminar artificialmente una planta.

Las plantas reaccionan de manera diferente ante el exceso de la luz, que a la falta de ella. Cuando reciben demasiada luz, pueden quemarse y sus hojas pierden su coloración verde para volverse blancas.

Ante la falta de luz, las hojas se ponen amarillas y caen. Las flores no florecen al ritmo normal y cuando lo hacen, no suelen tener un desarrollo completo y suelen caer antes de florecer completamente.

Los sistemas de control que se emplean en instrumentación industrial tienen como entrada de datos los sensores que se encuentran en contacto con la variable a medir. Para el caso de nuestro invernadero, el sensor estará en contacto directo con el ambiente dentro de la estructura. Con el propósito de lograr

la sincronía, el sensor ira acoplado a un microprocesador que generará la señal de sincronía y tambien recibirá los datos.

El siguiente paso es enviar los datos a la tarjeta de adquisicion de datos para poder visualizar los datos e incluso, bajo ciertas circunstancias, activar los controles en caso de presentarse cambios en los valores de las variables que consideremos inadecuados para la sustentabilidad del proyecto en si.

El siguiente diagrama a bloques ilustra la estructura del proyecto, junto a las líneas de la tarjeta que se usan para lectura y escritura

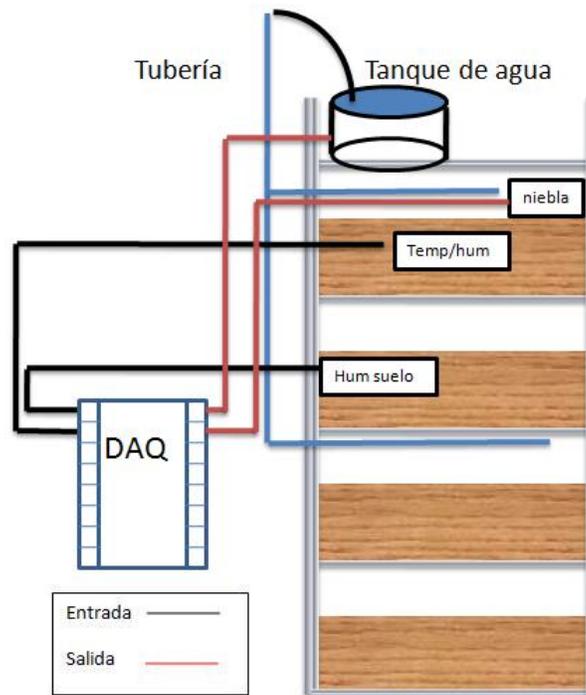


Figura 3.42: Diagrama a bloques del proyecto

La lectura de los valores de la temperatura y humedad esta a cargo del sensor SHT71. El programa a realizar alternará la medicion de temperatura con la de humedad y mandará los correspondientes valores a la tarjeta de adquisicion de datos, y de ahi al programa. Este, mostrará los valores adquiridos en indicadores graficos.

El siguiente paso es de comparacion. Teniendo los valores de ambas variables, se ha de comparar con los valores que seleccionaremos para cada una de ellas. Los actuadores de la temperatura y humedad que la elevaran si sus valores son inferiores al estandard que determinemos, junto a los ventiladores y equipo de enfriamiento que regularan los mismos en caso que sean elevados, son los encargados de la regulacion.

Como son dispositivos cuya alimentacion son superiores al voltaje que entrega la tarjeta de adquisicion, una etapa de acoplamiento, cuya mision es proteger a la tarjeta de posibles corto circuitos, junto a la etapa de potencia que dará la alimentacion que requieren los actuadores.

### 3.5. SHT 71

Mediante lo visto anteriormente, el SHT71 es un sensor digital para mediciones tanto de temperatura como de humedad. Dependiendo de los comandos que se envien a traves de su canal de comunicacion serial, funcionará como sensor de temperatura o de humedad. En el programa que controlará el sensor, tanto en el sentido de enviar los comandos como de recibir las mediciones que realiza, el codigo a utilizar consiste en crear los flancos de subida y bajada con valores booleanos verdaderos y falsos.

### 3.5.1. Iniciar el sensor

En el primer paso, se tiene que configurar los puertos o líneas de puertos a usar. Tenemos que requerimos 2 líneas de la primera línea de puertos digitales. Como primer paso, colocaremos en el diagrama a bloques, la función CREATE TASK con el fin de poder crear las tareas de lectura/escritura y sincronía del sensor. Seguimos, agregando la función CREATE CHANNEL para poder seleccionar y controlar una línea de puerto. Estas dos funciones se repetirán otras dos veces, el mismo número de tareas que queremos que LabVIEW ejecute para controlar al sensor: función de lectura, función de escritura y generación del pulso de sincronía.

En la sección encargada del reloj (clock) ponemos una función START TASK puesto que es la única de las tareas que no está bajo el control del usuario, por lo tanto se generará automáticamente.

Dado que explicamos básicamente las funciones que se controlan aquí, proseguimos colocando un cluster en el panel frontal y lo llenamos de 3 controles de puertos que se generan en la función de creación de canal. Para la función del reloj usamos una sola línea de puerto. Con respecto a las funciones de lectura y escritura, usaremos la misma línea de puerto, y dependiendo del VI que se encarga de capturar datos, funcionará tanto como entrada como salida de datos. Para usar los puertos añadidos al cluster individualmente, usamos la función de UNBUNDLE BY NAME y colocamos los nombres de los controles de líneas de puertos.

A continuación presentamos una imagen del diagrama a bloques

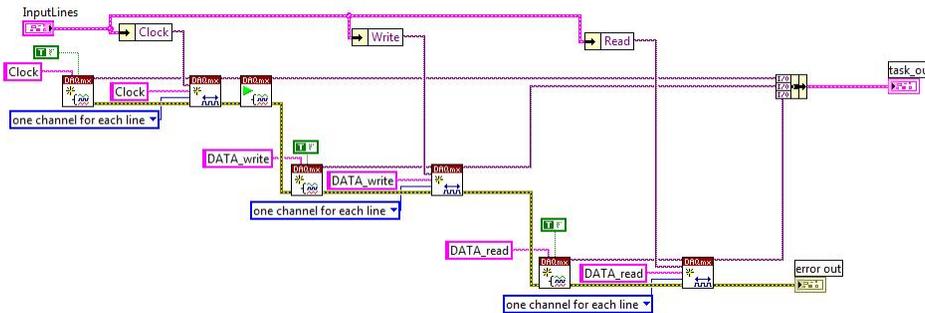


Figura 3.43: Diagrama a bloques del inicializador

### 3.5.2. Inicio de transmisión

Para este sub VI, seguiremos usando un cluster compuesto con las 3 tareas a realizar explicadas en el apartado anterior. Para poder usar el sensor, una instrucción de inicio de transmisión debe ser enviada. Para ese propósito debemos mandar un nivel bajo a la línea de datos mediante una función de escritura, mientras SCK está en nivel alto. Seguimos con un flanco de bajada en SCK para enviar un flanco de subida a la línea de datos.

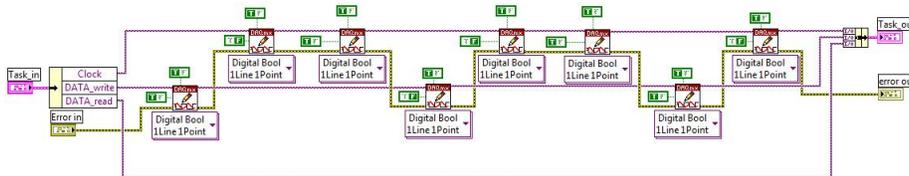


Figura 3.44: Código de transmisión en LabVIEW

### 3.5.3. Escritura de datos

Para este sub VI, seguiremos usando un cluster compuesto con las 3 tareas a realizas explicadas en el apartado anterior. La estructura dominante en este sub VI es denominada Flat Sequence Structure el cual esta encargado de ejecutar una tarea de manera secuencial. Para el pulso generado por el reloj, tenemos la funcion de escritura en puerto y que escriba un valor boolean de verdadero, simulando el flanco de subida y esperando un determinado tiempo antes de volver a bajarlo. En el codigo de escritura de datos, tenemos igual una funcion de escritura de datos en puerto y la informacion a escribir es un array boolean, representacion del byte de escritura. Para la instruccion de medicion de valores de temperatura y humedad, otra secuencia es colocada justo despues de la anterior, iniciando con un flanco de subida en la tarea de escritura y seguido de otro flanco de subida por parte del reloj para terminar con el flanco de bajada.

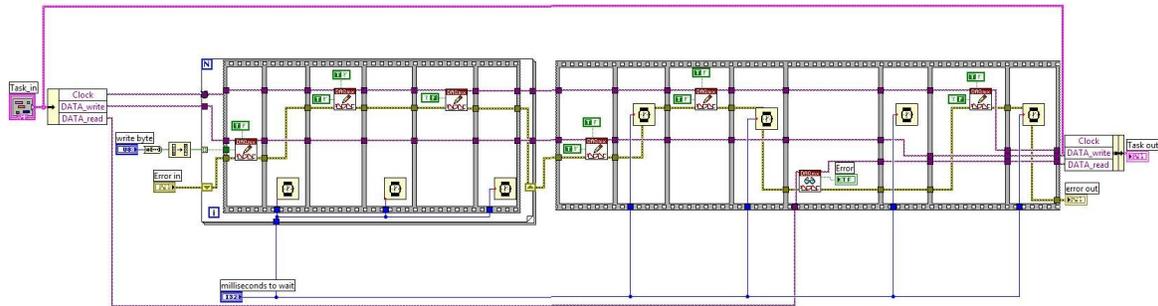


Figura 3.45: Diagrama a bloques de la escritura de datos

### 3.5.4. Lectura de datos

Como en los anteriores sub VI y en los posteriores, hacemos un cluster con los 3 controles de líneas de puertos digitales. Comenzamos añadiendo una estructura secuencial donde colocaremos una funcion de escritura que envíe un nivel bajo al puerto de escritura asignada, seguida de un retardo indicado por el usuario. Seguimos con un ciclo for con 8 iteraciones que encierra a otra estructura secuencial. En ella, se envía un flanco de subida seguido de un retardo para hacer descender el pulso, repitiéndose el proceso 7 veces mas, a su vez que una orden de lectura se lleva a cabo la cual genera un array de 8 bits que consistirá en el byte de lectura.

Al termino de la ultima iteracion, se pone en funcionamiento otra secuencia en la cual se verifica si no existe un valor verdadero para ACK, puesto que si es exactamente uno, la línea de datos se coloca en falso seguido de un valor verdadero. Se genera un pulso completo de reloj con el proposito de liberar de sus deberes a la línea de escritura. Todos los valores generados se envian a un cluster de indicadores como en los anteriores VI.

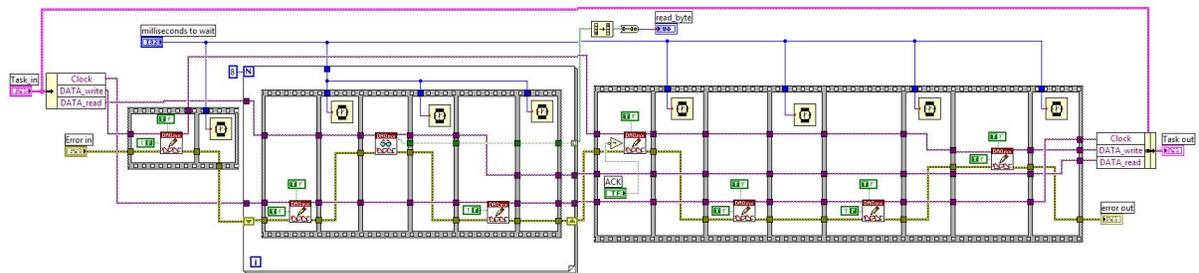


Figura 3.46: Diagrama a bloques de la lectura de datos

### 3.5.5. Reset de la conexion

Para resetear la comunicacion, se debe enviar un pulso alto a traves del puerto de escritura, seguido de un pulso en reloj que se repita 9 veces, para eso, se usa un ciclo FOR con el numero de iteraciones requerido por el sensor y al finalizar la ultima transmision, la instruccion de inicio de transmision debe ser llamada.

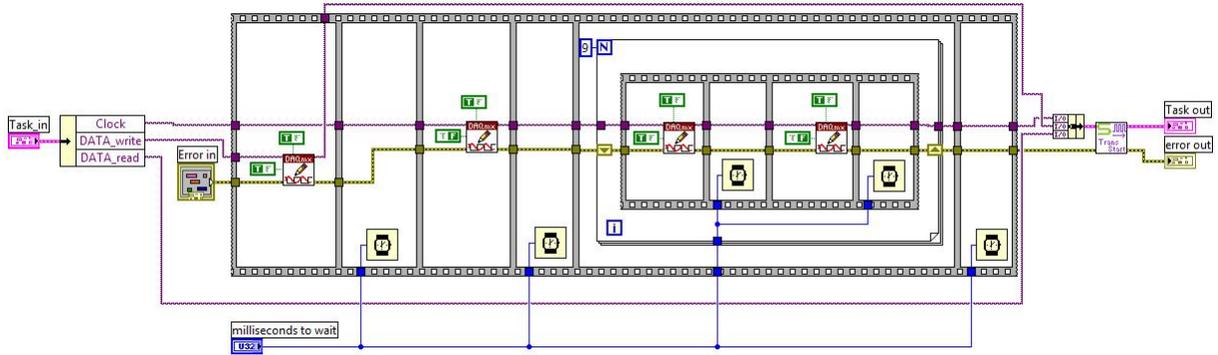


Figura 3.47: Diagrama a bloques del Reset de la conexion

### 3.5.6. Soft Reset

Existe tambien en el codigo una instruccion para reiniciar el sensor. Este consiste en el reseteo de la interface ademas de la limpieza del registro de estados a sus valores predeterminados. Con respecto al codigo de LabVIEW, sometemos al sensor a un reseteo de comunicaciones seguido de un llamado al Sub VI de escritura de datos, en la cual, enviamos a traves de su pin de Byte de escritura el valor 1E hexadecimal que corresponde al binario 00011110, instruccion reservada al reset soft.

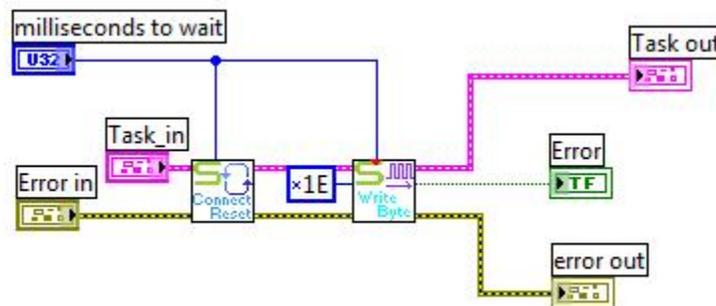


Figura 3.48: Diagrama a bloques del Soft Reset

### 3.5.7. Medicion de temperatura y humedad relativa

Usando el subVI de byte de escritura, enviamos un valor al byte encargado de discernir el tipo de medicion que puede realizar el sensor. Un valor de 3 es para temperatura y un valor de 5 es para

humedad. Usamos su variante hexadecimal para controlar los valores correspondientes a fin de generar los 8 bits que se requieren para una sola instruccion.

Se inicia el proceso, iniciando la transmision. Como paso siguiente, se programa una secuencia Case, en la cual se colocan las condiciones que deciden el tipo de medicion: temperatura o humedad relativa. El codigo que sigue, es para la lectura de datos. Al ser configurado para leer un dato de tipo boolean, se pasa por una comparacion procedida de un negado para controlar el ciclo while en el que esta anidado generando un retardo y al leer el puerto, se comprueba que hizo la medicion a la hora de hacer una comparacion en el programa principal.

A continuacion, generamos 2 bytes de medicion y uno de chequeo CRC con el fin de terminar la comunicacion al final de la lectura del bit de reconocimiento del dato CRC. Este ultimo tiene la funcion de prevenir la transmision de datos erroneos y los elimina, finalizando la transmision digital.

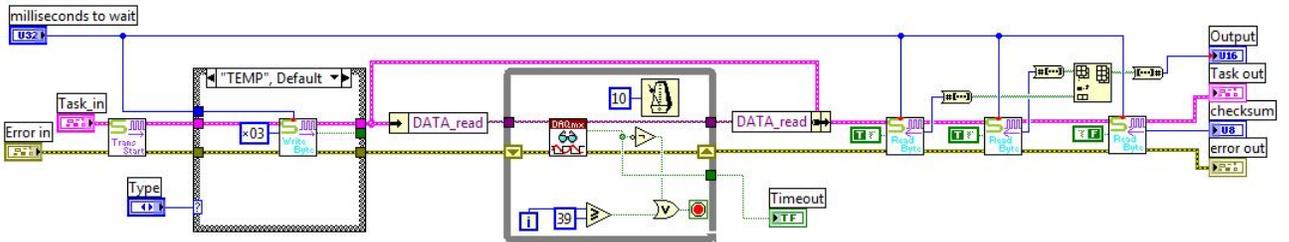


Figura 3.49: Diagrama a bloques de Medicion

### 3.5.8. Obtencion de los valores de temperatura y humedad relativa

Para este Sub VI, tenemos en el panel frontal un cluster compuesto con valores de fabrica para poder compensar la no linealidad del sensor de humedad, los valores para el calculo de la temeperatura, humedad y punto de rocio, el cual es opcional. A diferencia de los anteriores VI, colocaremos en este apartado el panel frontal con el fin de mostrar el cluster de coeficientes

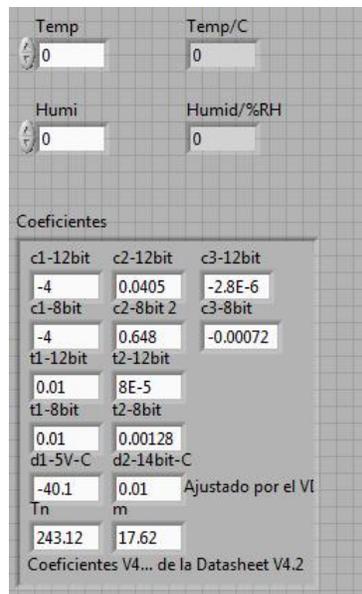


Figura 3.50: Panel frontal de la conversion de temperatura, humedad y punto de rocio

A continuacion mostramos el diagrama a bloques con las respectivas operaciones. Notamos que la humedad requiere mas operaciones matematicas, debido a la naturaleza no lineal del censado de humedad integrado al sensor SHT71. Al final del proceso de linealizacion y conversion de humedad, hacemos pasar la linea de codigo por un delimitador llamado IN RANGE AND COERCE el cual detecta cuando nuestro valor cae dentro de un limite superior (100) e inferior (0.1), en caso de sobrepasar alguno de ellos, la funcion fuerza al valor al limite cercano impidiendo que los supere

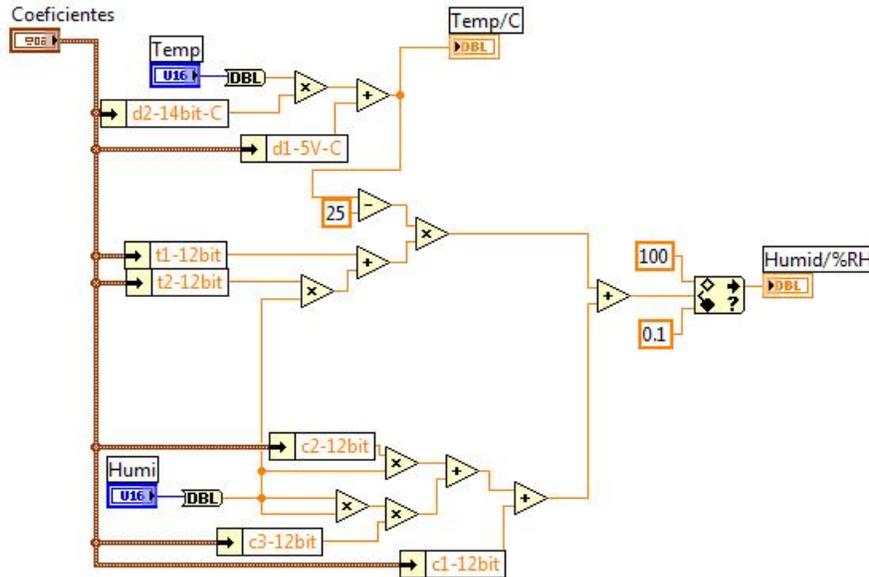


Figura 3.51: Diagrama a bloques de la conversión de temperatura, humedad y punto de rocío

### 3.5.9. Cálculo del punto de rocío

Primer, formaremos un cluster compuesto de los 2 coeficientes que se necesitan para su obtencion.

Para el calculo del punto de rocío, utilizaremos un nodo de formula en el sub VI y dentro de el, declaramos un par de variables float que representan el logaritmo natural de la humedad y la division por motivo de comodidad.

La formula expresada en el apartado de calculo de punto de rocío es codificado en el nodo de formula y se comunica de la siguiente manera: entradas del lado izquierdo y salidas del lado derecho. En el caso nuestro, las entradas serán los coeficientes dados en la tabla para el calculo del punto de rocío y los coeficientes de humedad y temperatura que son obtenidos mediante el proceso de censado. A continuacion mostramos el diagrama a bloques

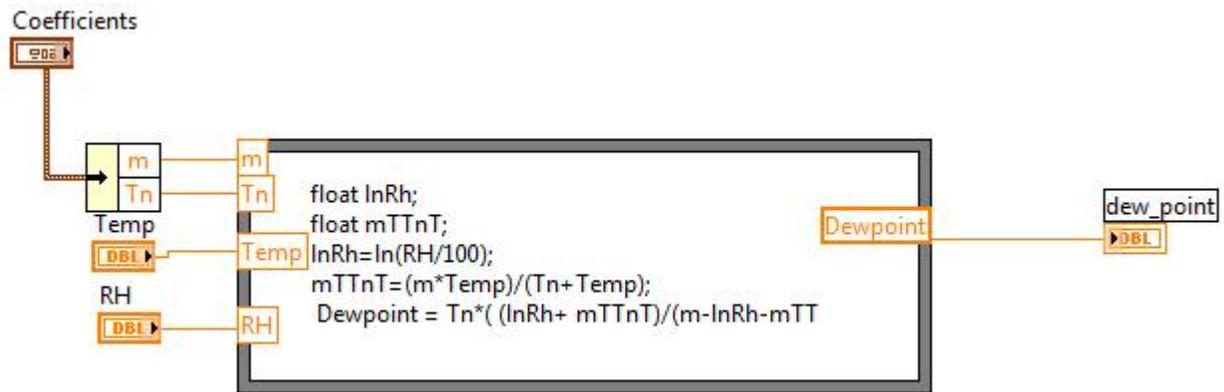


Figura 3.52: Diagrama a bloques del calculo del punto de rocío

### 3.5.10. Programa principal

Una vez programadas todas las tareas, unimos todos los sub VIs en un solo VI que será la interfaz de usuario quedará así

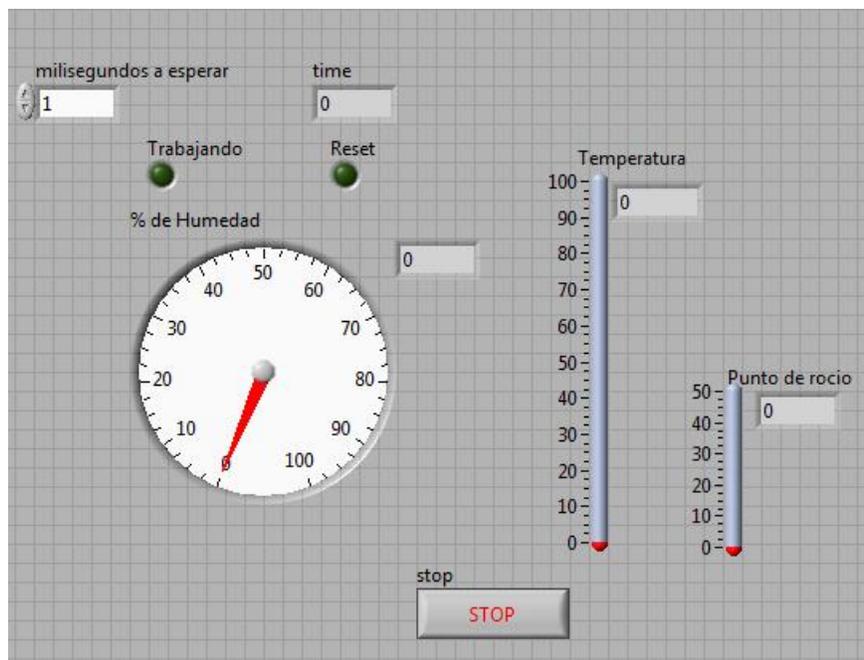


Figura 3.53: Panel frontal

Un medidor GAUGE es colocado como indicador de la variable de humedad, variando sus mediciones desde 0 hasta el 100 %. Y, en cuanto a la temperatura y el punto de rocío, 2 termómetros nos indican las variaciones en ambas, siendo el límite de la temperatura 100 grados y el punto de rocío está limitado en 50.

Tenemos un control numerico que controla el numero de milisegundos que habrá entre los pulsos que generamos. Es la duracion de los pulsos en el pin SCK los que permiten el envio de instrucciones.

### 3.6. Medición de temperatura y guardado de los resultados en un archivo de Office

Una gran ventaja de LabVIEW es el censado de lecturas de sensores sin la presencia del usuario. Especificando el tiempo de espera entre cada acción de monitoreo y medición de la señal y la cantidad de muestreos, podemos lograr que un programa esté trabajando por horas e incluso días sin nuestra supervisión.

Con el objetivo de guardar un reporte de los datos obtenidos y asegurarlos en un archivo de Office (Word o Excel), bajamos el toolkit de generación de reportes y lo instalamos. Esta librería es una biblioteca de VIs que nos ayuda a editar reportes generados mediante Word o Excel desde LabVIEW. A continuación mostramos un ejemplo de generación de reporte desde Word.

#### 3.6.1. Reporte de Word: generación y modificación de una línea de texto, de una tabla de números generados por el tiro de un dado y de la inserción de una imagen

Antes de comenzar, es sabio presentar la ruta de ubicación del toolkit una vez que se instala en nuestra computadora. El toolkit de generación de reporte se encuentra en el Diagrama de Bloques, en el menú de funciones seguimos la siguiente ruta: PROGRAMMING»REPORT GENERACIÓN.

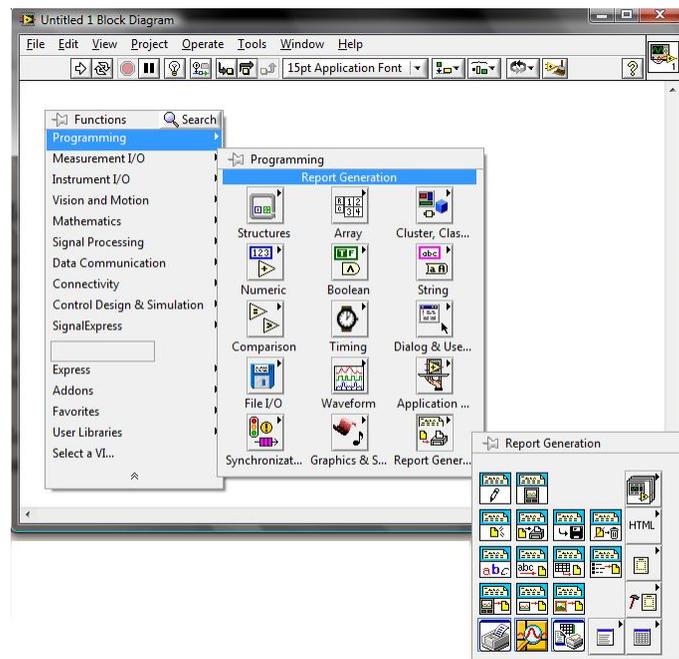


Figura 3.54: Ubicación del toolkit

- Todos los programas de generación de reportes hechos en LabVIEW tienen la misma estructura en cuanto a VIs del toolkit usados. El New Report.vi debe ser llamado para especificar el tipo de reporte que se desea construir, además de otras características que mostraremos a continuación.

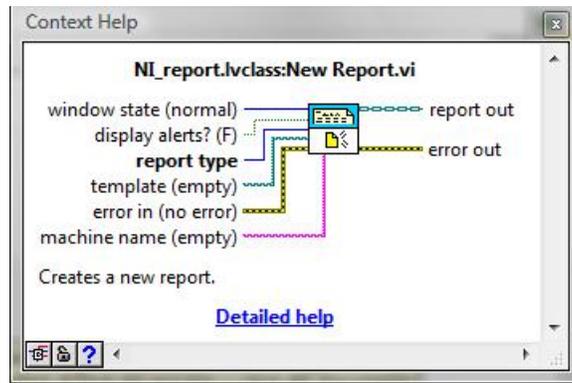


Figura 3.55: New Report

Entre las opciones que nos presenta este VI, está la que nos permite elegir si la pantalla de Word o Excel aparecerá maximizada o minimizada: WINDOW STATE; si queremos cambiar su configuración, conectando una constante en este nodo es suficiente para mostrar las opciones y elegir una. La más importante de todas las opciones que este VI nos ofrece es el llamado REPORT TYPE que nos ofrece además de la opción de crear un documento de Word y Excel, documentos en HTML y Reporte Estándar. Otra opción importante es el TEMPLATE, el cual, conectado a un control, nos especifica la ruta de un documento de Word o Excel que ya exista; de no especificar uno, el VI generará uno automáticamente. En este VI, y en los subsecuentes que usaremos, se encuentran 2 nodos de salida en común :REPORT OUT y ERROR OUT; el primero es una referencia del reporte cuya apariencia, datos e impresión deseamos controlar, por lo que se recomienda que todo VI asociado a un solo reporte deba estar conectado de esta Salida a la entrada común llamada REPORT IN. El nodo de Error describe las condiciones erróneas que ocurren antes que el VI o función que lo contiene ocurra, y al igual que el caso anterior, es recomendable conectarlos entre sí y mandarlos al final del proceso a un indicador.

- Después de colocado el VI de creación de reporte, insertamos el siguiente VI: APPEND REPORT TO TEXT, el cual añade texto al reporte. Conectado a un control en el nodo de entrada de texto, podemos modificar lo que escribimos en el reporte.

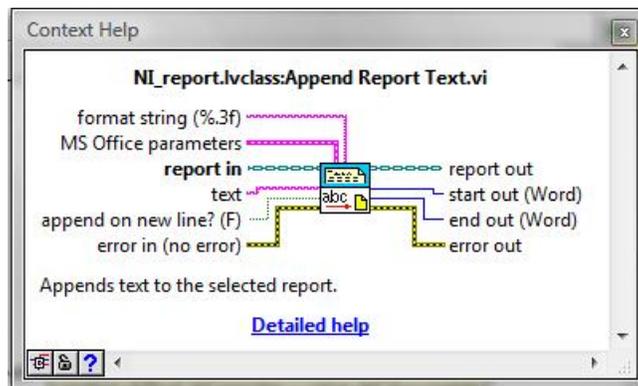


Figura 3.56: Append Report to Text

Con esta opción, podemos controlar todo el texto que necesitemos en un reporte, pero podemos agregar los necesarios, de acuerdo a nuestras necesidades. Si lo anterior es correcto, entonces al segundo VI de este tipo que agreguemos, modificamos su nodo de entrada llamado Append on new line, el cual es un valor booleano y nos pregunta si debemos añadir una nueva línea antes de introducir el

texto. En el ejemplo que estamos realizando, colocaremos 3 de estos VIs, y en el 3º agregamos una pequeña secuencia aritmética que nos genera una cuenta partiendo desde el 0; su función será explicada posteriormente.

- Ahora que hemos insertado y controlado texto, seguimos con la generación de una tabla llena con los valores del lanzamiento de un dado. Para poder llenar la tabla, primero hay que crearla y el Vi encargado de esa labor se llama APPEND TABLE TO REPORT.

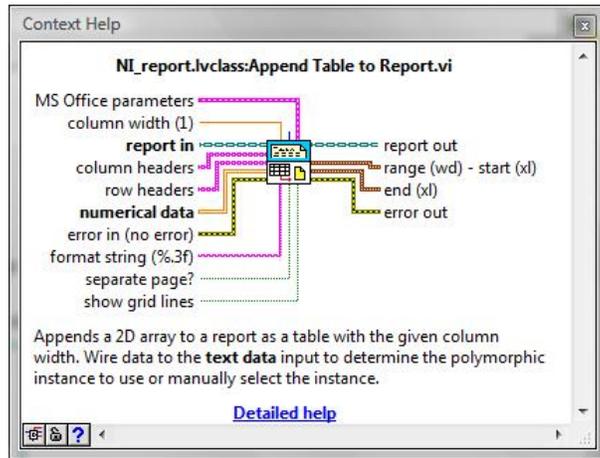


Figura 3.57: Append Table to Report

En este VI, la opción que nos interesa, con la que llenaremos la tabla se llama numerical data, y es un nodo que admite solamente arrays de dos dimensiones. Tenemos la opción de colocar cabeceras en las columnas y filas, las cuales modificamos mediante un control en cada uno de los nodos.

- Una vez hecha la tabla, seguimos con la creación de la rutina que simula el tiro del dado, para lo cual, hacemos uso de 2 ciclos For, uno anidado dentro del otro. En el ciclo de adentro, colocamos una función de número aleatorio y lo pasamos por un multiplicador por 6, seguido por una función de redondeo al número más cercano, para así generar números desde el 1 al 6. La razón de dos ciclos For es crear una tabla de NxM valores, modificando el número de iteraciones de cada uno podemos también modificar la magnitud de la tabla

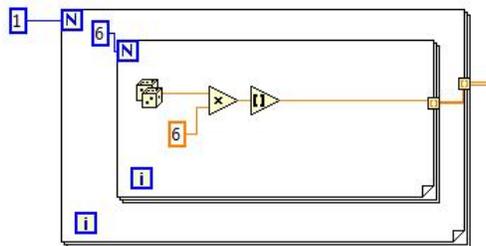


Figura 3.58: Rutina de generación del dado

Vemos que el final de la línea, después de atravesar ambos ciclos, se forma un array de 2 dimensiones el cual conectamos directamente al VI que genera la tabla.

- El paso final, es insertar una imagen, después de la línea de texto y de la tabla. Para facilitarnos el proceso, el Vi encargado se llama APPEND IMAGE TO TEXT

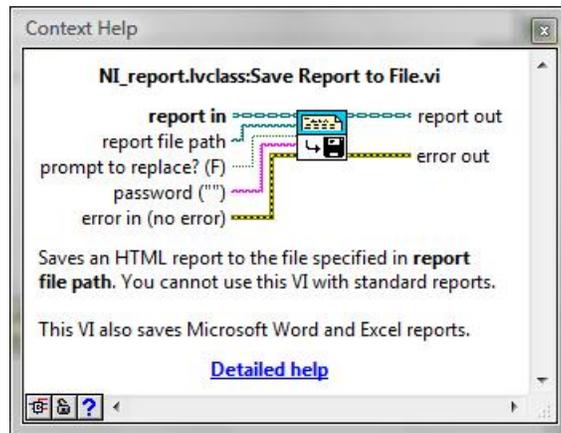


Figura 3.60: Save Report to File

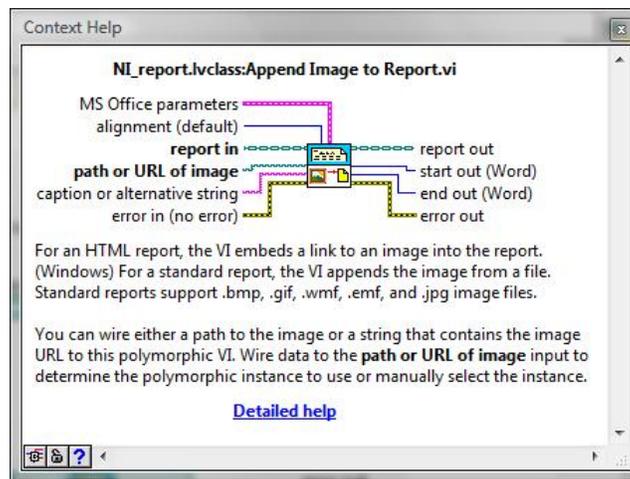


Figura 3.59: Append Image to Text

Entre las opciones de este VI, path or URL of image es el mas importante, con un control podemos introducir la ruta de la imagen que queremos insertar.

- Para marcar el final de nuestro reporte, colocamos los dos últimos VIs: SAVE REPORT TO FILE y DISPOSE REPORT.
- El primer VI sirve para guardar el documento generado.

Al igual que el VI que inserta imagen, con un control colocado en el nodo de report file path, especificamos una ruta. En caso que hayamos creado un documento previo, colocamos su ubicación para ser escrito con nuestro reporte y guarda los cambios.

- El VI de Dispose Report, es la pieza final de nuestro reporte. Con este VI, cerramos nuestro documento generado y liberamos la interfaz de Word

Entre las opciones dentro del toolkit y que no hemos usado en este ejemplo esta la opción de impresión del reporte y otras opciones específicas para Word y Excel.

Al final de todo el proceso, nuestra interfaz de usuario quedará así

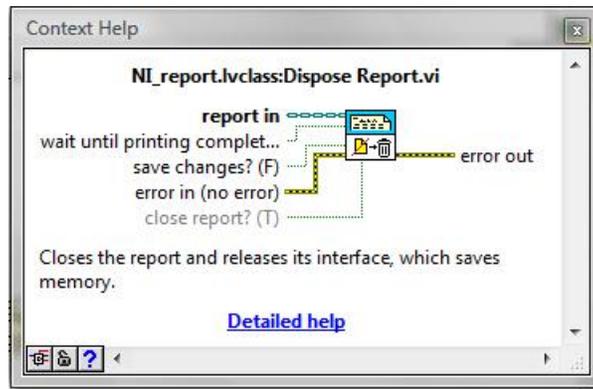


Figura 3.61: Dispose Report

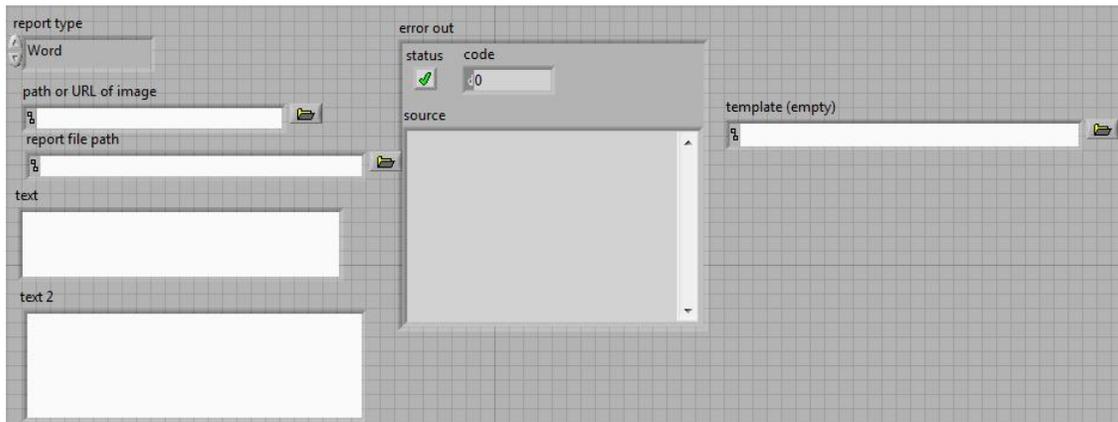


Figura 3.62: Interfaz del usuario del generador de reporte de Word

y el diagrama a bloques, de la siguiente manera

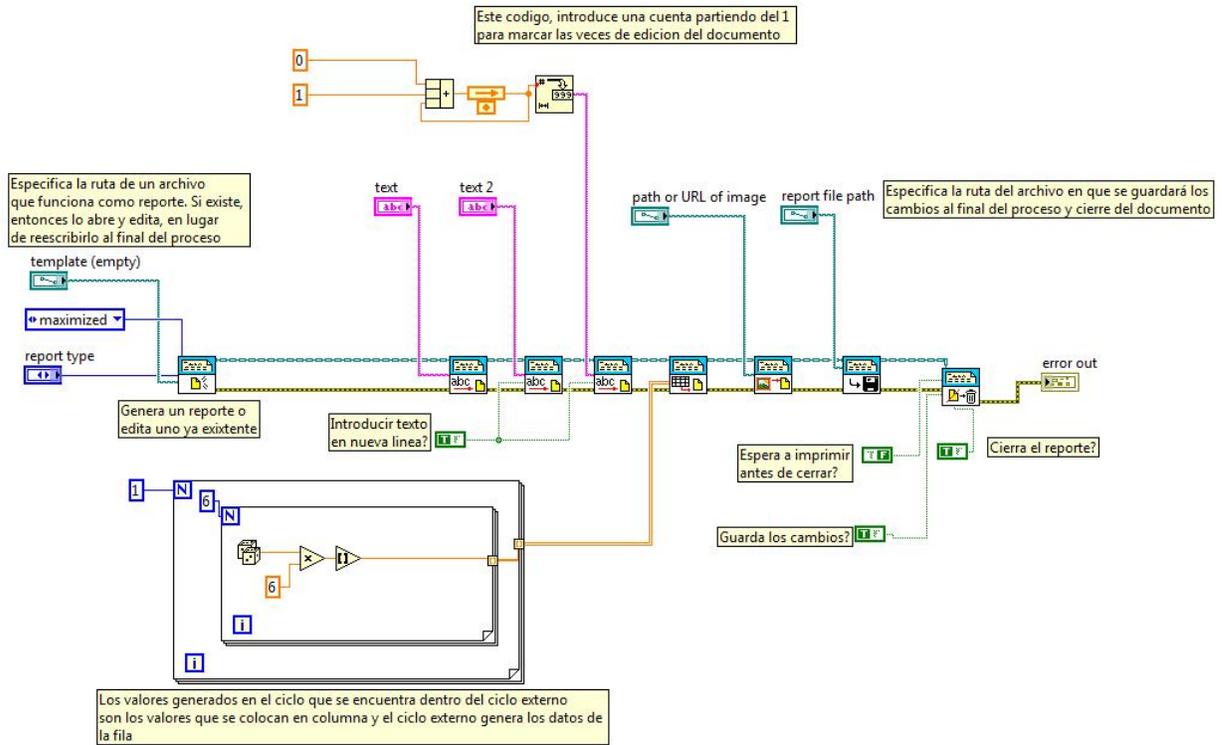


Figura 3.63: Diagrama a bloques del generador de reporte de Word

La función de conteo desde cero sirve para contar las veces que simulamos el programa. Dependiendo de las rutas que coloquemos en el VI que abre un reporte y en el que lo guarda, podemos sobrescribir el documento o colocar un nuevo reporte después del generado anteriormente. Al poner una ruta en el Vi que abre un reporte, pero no en el Vi de guardar, elegimos un documento creado anteriormente y lo sobrescribe, borrando el contenido anterior. Si accedamos la misma ruta colocada anteriormente en el VI de guardar, entonces cada nuevo reporte se escribe inmediatamente después del final del anterior.

### 3.7. Programa final

Colocando todas las anteriores opciones y funciones de censado y documentación, procedemos a la unión en un programa. Presentamos el diagrama a bloques y panel frontal

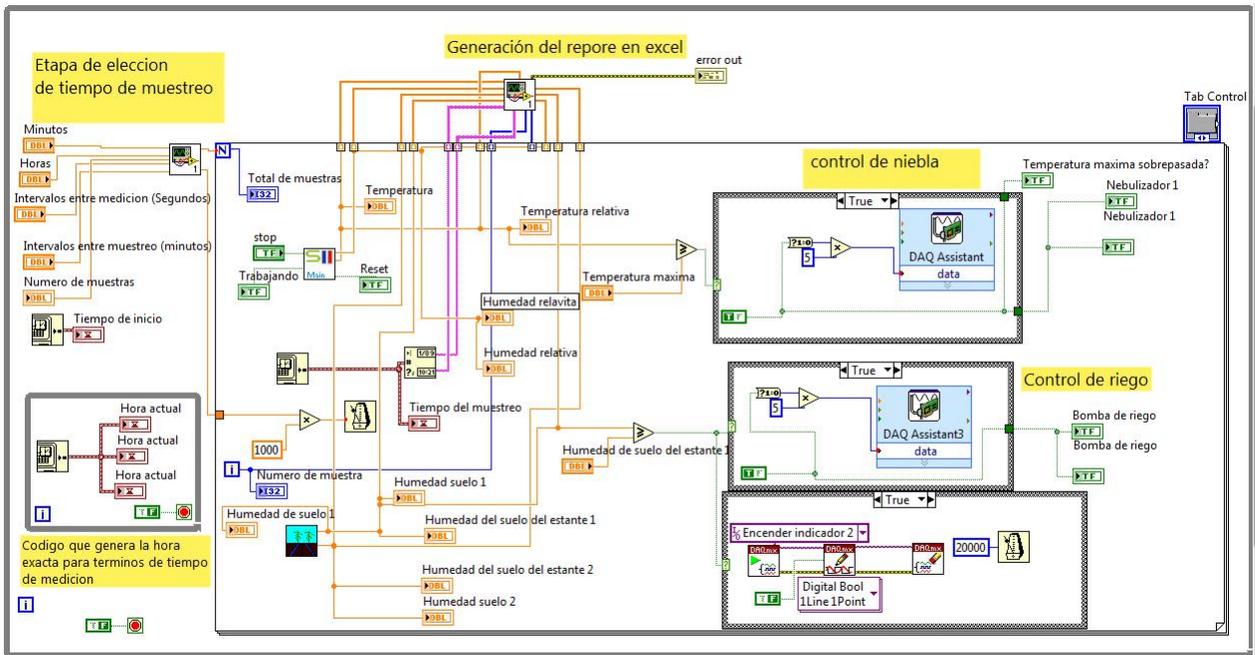


Figura 3.64: Diagrama a bloques del programa principal

Explicamos el código mediante las páginas puestas en el panel frontal.

- Configuración inicial

Tenemos primero, el código encargado de la elección del tiempo de muestreo y funcionamiento del programa. Notamos un sub vi colocado, el cual está encargado de convertir las horas y minutos en segundos para hacer funcionar la función de WAIT UNTIL NEXT MS MULTIPLE a su vez que nos muestra el número de muestras que se realizará. Aquí mostramos el diagrama a bloques de este sub vi.

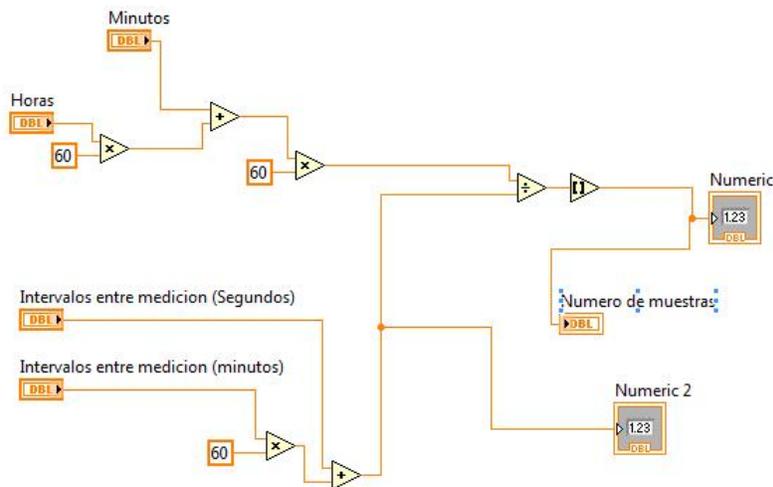


Figura 3.65: Diagrama a bloques del sub VI de conversión de tiempo a segundos

Todo este código se refleja en la primera página del panel frontal



Figura 3.66: Pagina de configuracion inicial

■ Visualizacion de variables

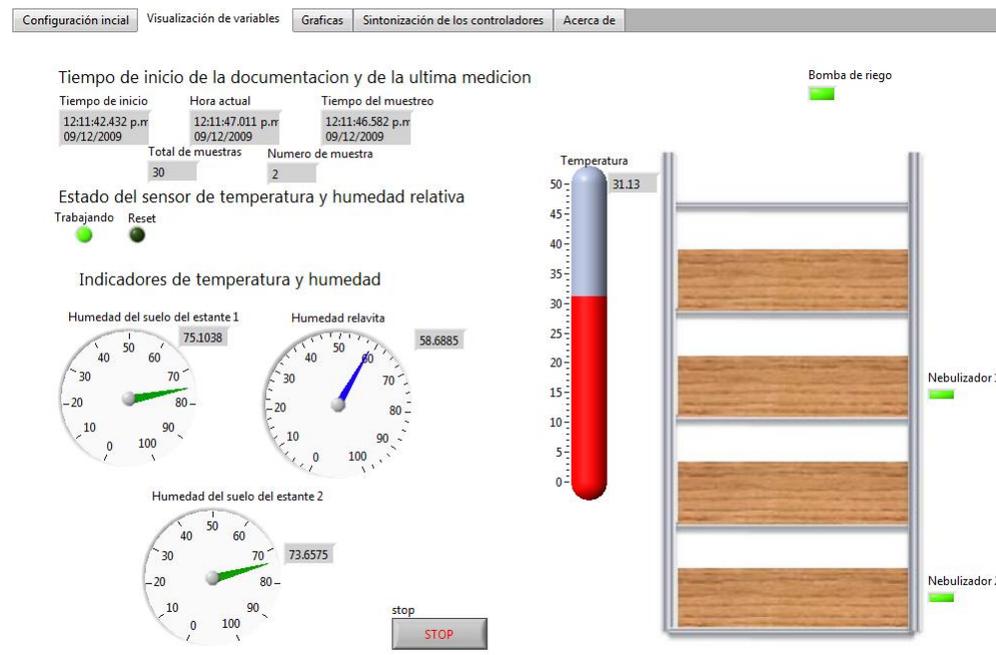


Figura 3.67: Pagina de visualizacion de variables

En esta pagina hemos agregado un codigo que nos da el tiempo real, ademas del tiempo en que se realizo la primera medicion y la anteriormente realizada con el fin de ver el intervalo de tiempo. El codigo encargado del tiempo real se presenta a continuacion.

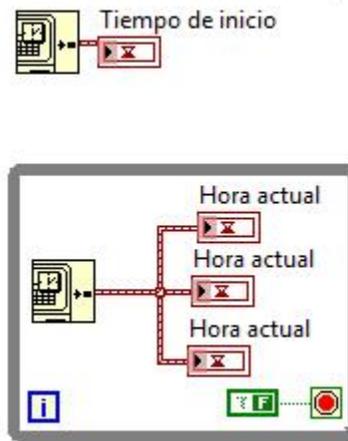


Figura 3.68: Funcion en tiempo real

Aqui lo mas importante es la inclusion de los Sub VI encargados de los sensores de temperatura, humedad relativa y humedad de suelo, conectados a los indicadores (Termometros, medidores Gauge) junto a una imagen de la estructura que se ha realizado con el fin de adaptar el sistema.

- Graficas

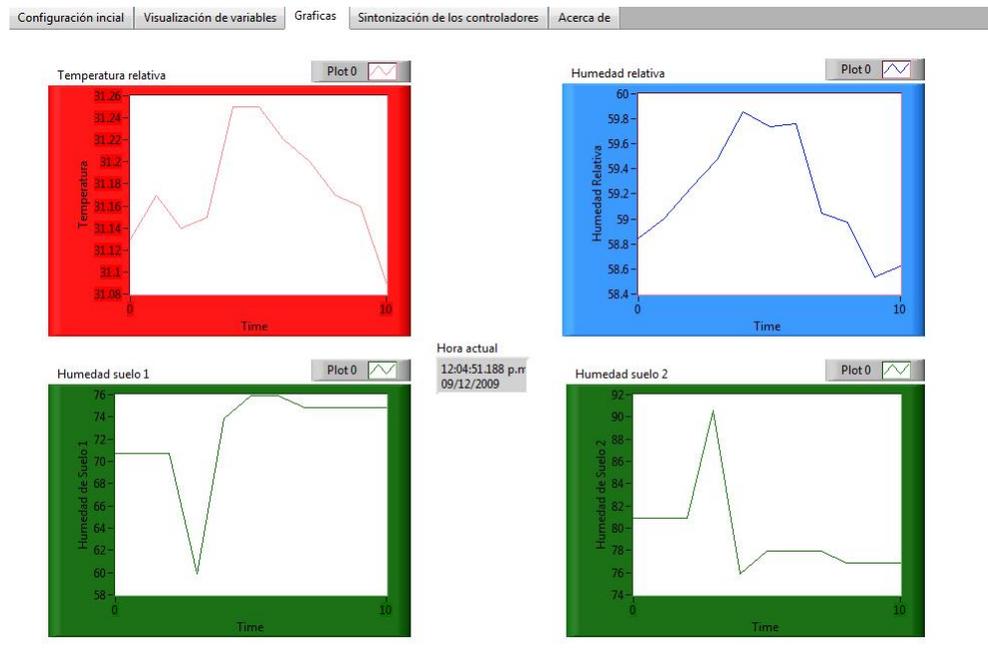


Figura 3.69: Pagina de graficas

En esta pagina, hemos colocado 4 graficadores: 1 para la temperatura, 1 para la humedad relativa y 2 para la humedad de suelo junto a otro indicador de la hora real.

- Sintonia de los controladores

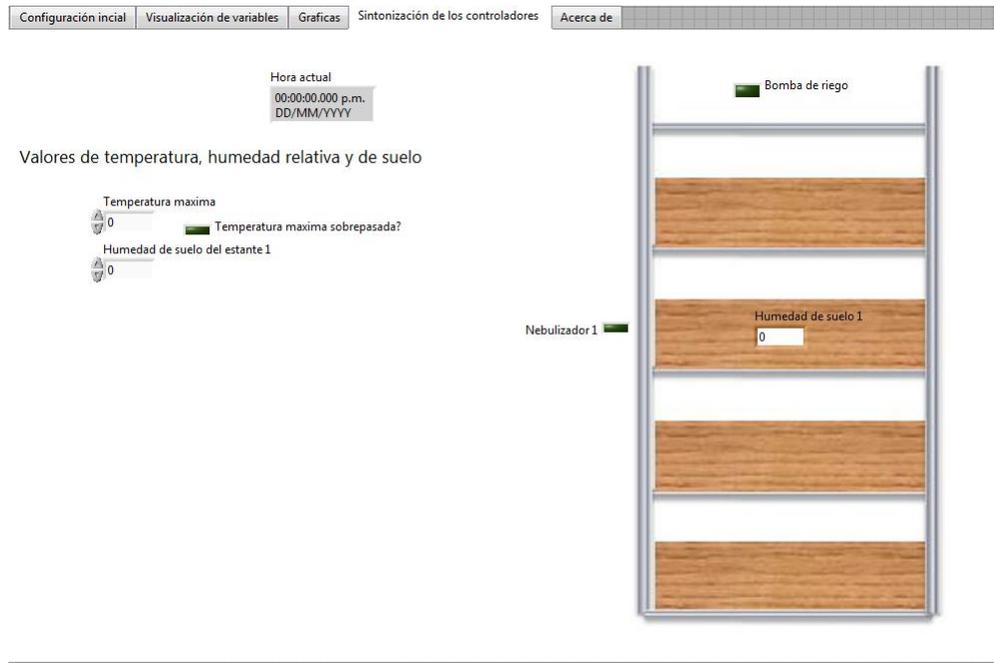


Figura 3.70: Pagina de sintonizacion de controladores

En esta pagina, se realiza las acciones de control. Aqui hemos colocado 2 controladores, los cuales nos ayudaran a fijar un limite para los valores ambientales. Si centramos nuestra atencion en el diagrama a bloques, vemos que se ha usado 3 estructuras case y en su entrada, una comparacion entre los valores introducidos en los controladores y las lecturas de los sensores. Los actuadores han sido colocados en los primeros 2 puertos analogicos, los cuales generaran un valor boolean convertido a numero y multiplicado por 5 para generar 5 volts. Ademas, hemos colocado varios LEDs indicadores con el fin de colocarlos en la imagen de la maqueta en la localizacion de los actuadores. El 3 case es para controlar el ventilador que nos ayudara a canalizar la niebla generada, puesto que es mas densa y pesada que el aire.

- Acerca de



Figura 3.71: Pagina de acerca de

La pagina final es para hacer una presentacion de la finalidad del programa y una pequeña explicacion de cada una de las secciones.

- Documentacion

Esta accion, aunque no esta establecida en una pagina ubicada en el panel frontal, se presenta como codigo en el diagrama a bloques. Todo consiste en la recoleccion de los datos de temperatura y humedad, tanto como relativa como de suelo, y reunida en arrays para su posterior tabulacion en Office y en especifico, en una tabla de excel. Cada una de estas variables será graficada y colocada en las coordenadas especificadas por las constantes. En total, 4 tablas, las cuales han sido colocadas para conformar una sola, y 4 graficas colocadas debajo de la tabla generada. El codigo ademas, permite el guardado del archivo, al finalizar la ultima muestra generada por el programa para proceder a cerrarlo y asi terminar la etapa de documentacion.

El SubVI contiene el siguiente codigo

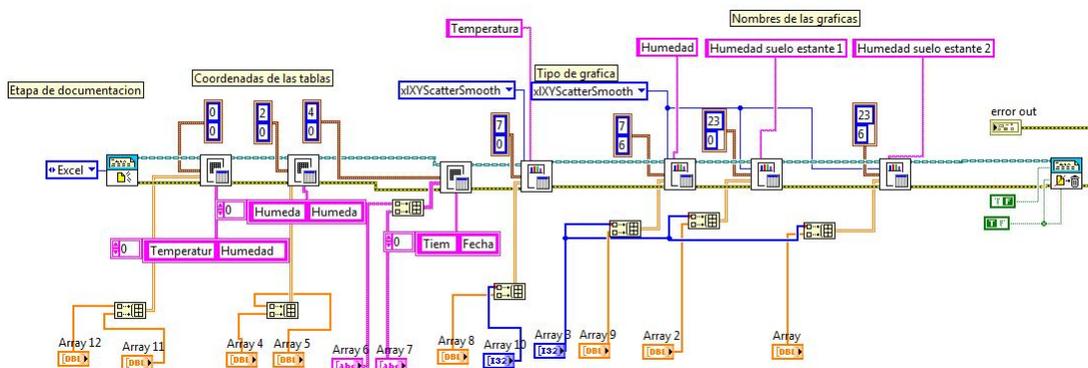


Figura 3.72: Diagrama a bloques del programa principal

# Capítulo 4

## Resultados

### 4.1. Entrada y salida analogica

#### 4.1.1. Lectura

No conectaremos la entrada analogica, la dejaremos flotando para graficar el valor de voltaje que estamos recibiendo a traves de ella. Al iniciar la simulacion, tenemos el siguiente resultado

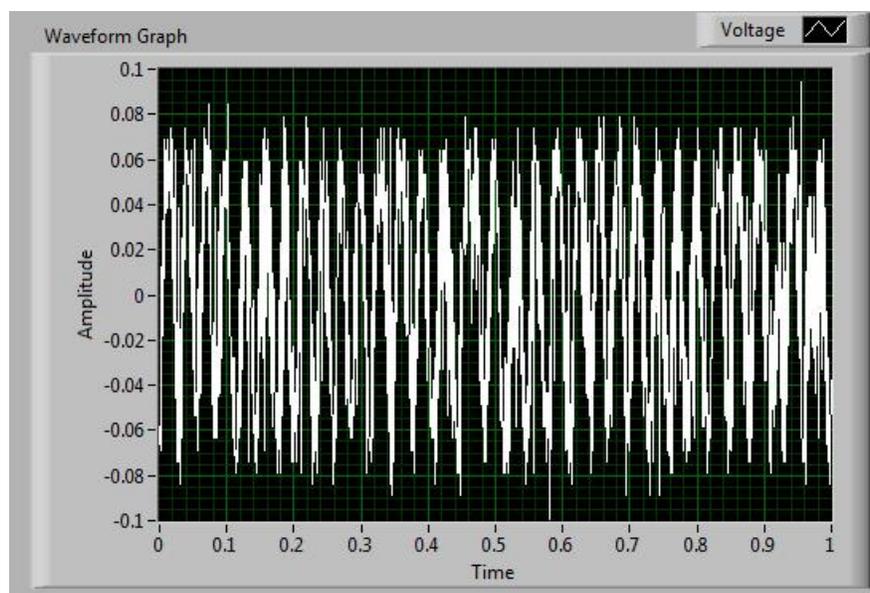


Figura 4.1: Primera simulacion de la entrada analogica

Cuando conectamos la entrada con la fuente de voltaje que tiene la tarjeta en el pin 31 obtenemos la siguiente lectura.

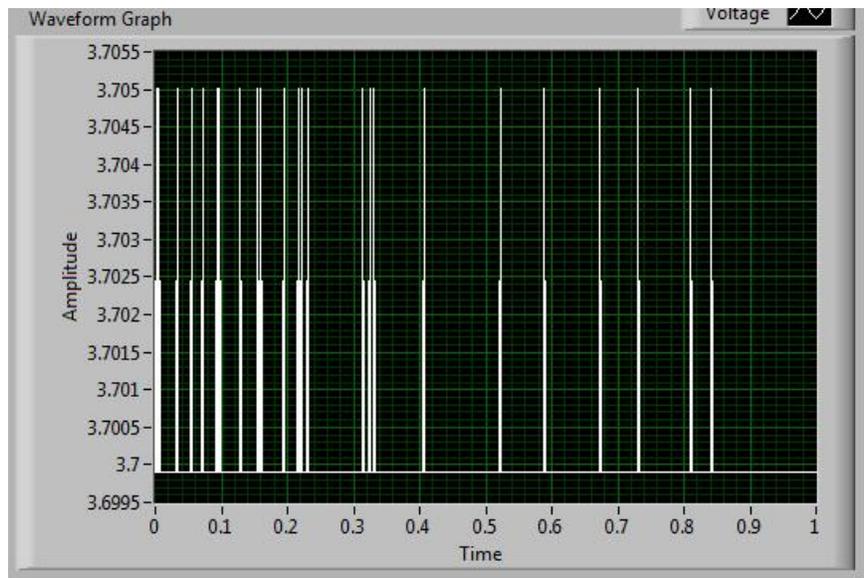


Figura 4.2: Segunda simulacion de la entrada analogica

#### 4.1.2. Escritura

Simulamos la fuente variable junto a multímetro conectado a la primera salida analogica con el fin de medir la magnitud de la señal de voltaje que nos entrega la DAQ. Colocamos un display digital al Gauge para ver el valor que enviamos.

Hicimos 2 simulaciones y a continuación se muestran las imágenes que corroboran la proximidad (no exactitud) de ambas señales.



Figura 4.3: Primera simulacion de la fuente variable de voltaje



Figura 4.4: Segunda simulacion de la fuente variable de voltaje



Figura 4.5: Tercera simulacion de la fuente variable de voltaje

## 4.2. Pruebas de documentacion

Con la siguiente configuracion en la interfaz de usuario

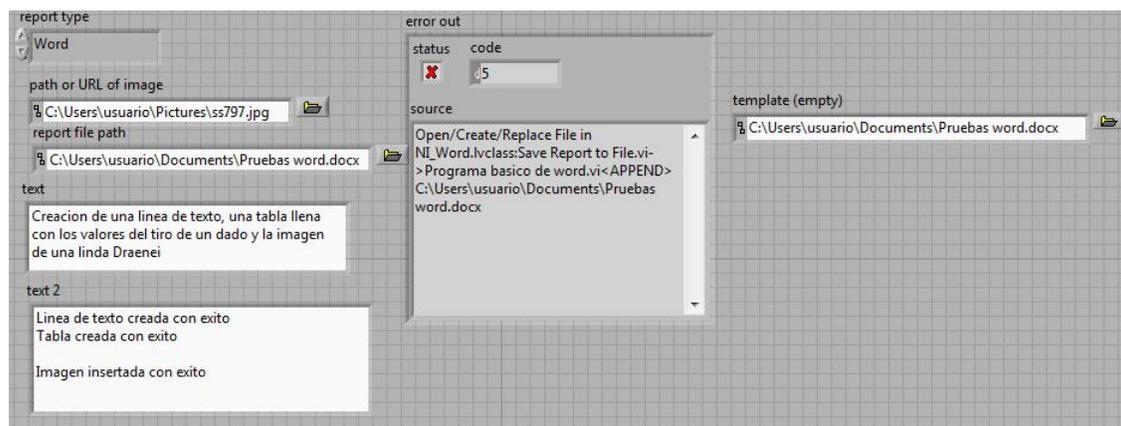


Figura 4.6: Pruebas Word: 1º configuracion

Obtenemos el siguiente resultado en la primera simulacion

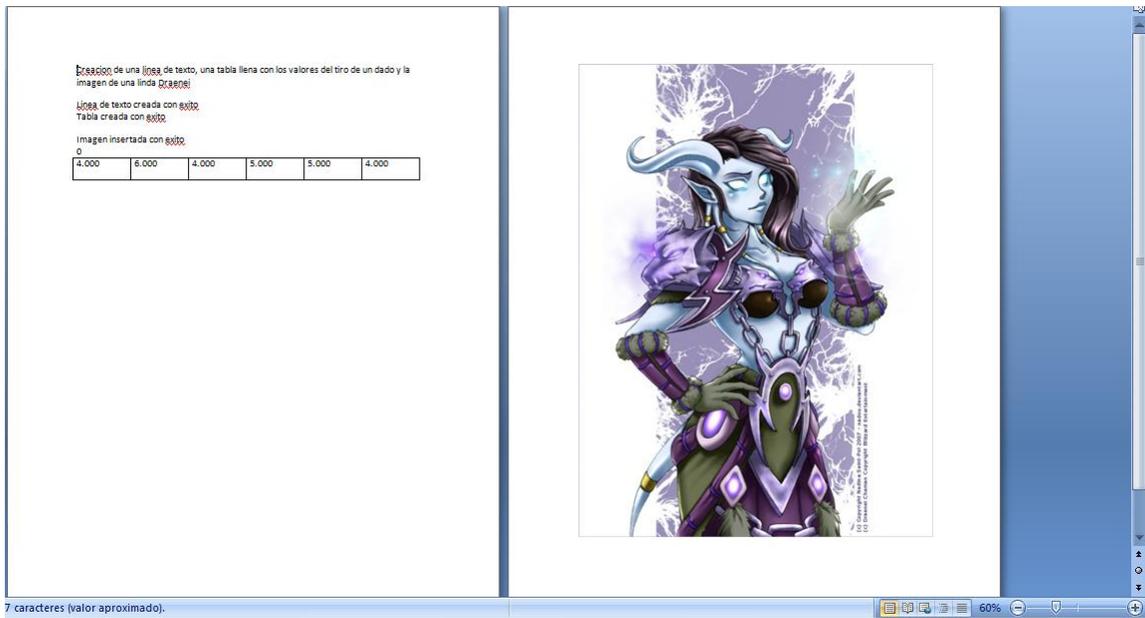


Figura 4.7: Prueba Word: Simulación 1

Con la siguiente simulación se tiene el siguiente resultado

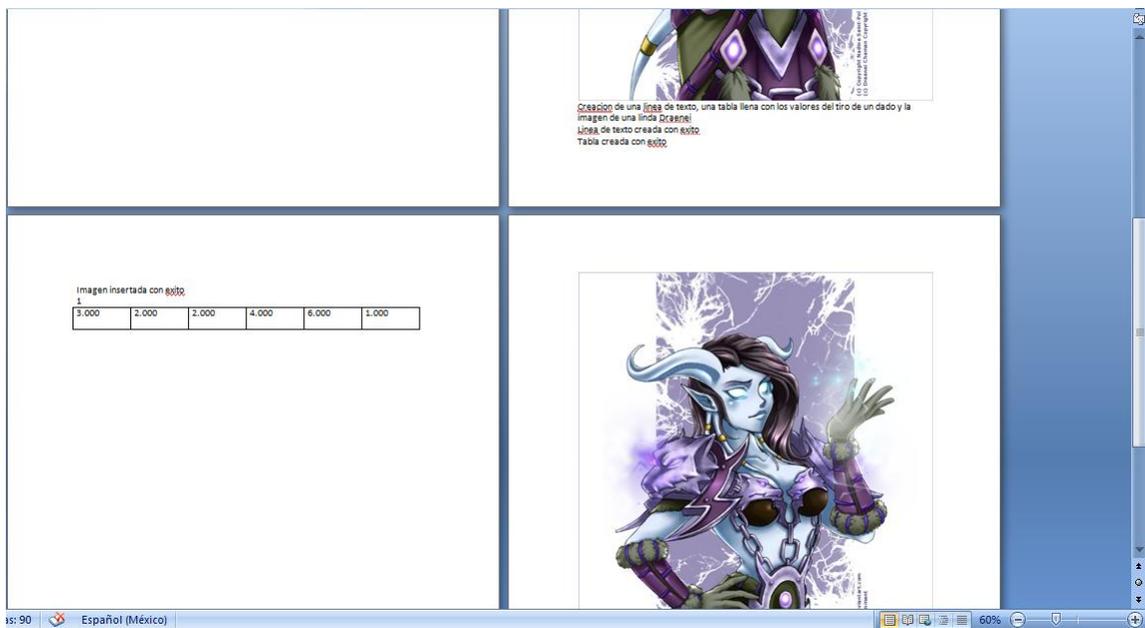


Figura 4.8: Prueba Word: Simulación 2

comprobando que, efectivamente con cada simulación, los reportes se escriben inmediatamente después un reporte generado en una simulación previa.

Al volver a abrir el VI y con la siguiente configuración en la interfaz de usuario

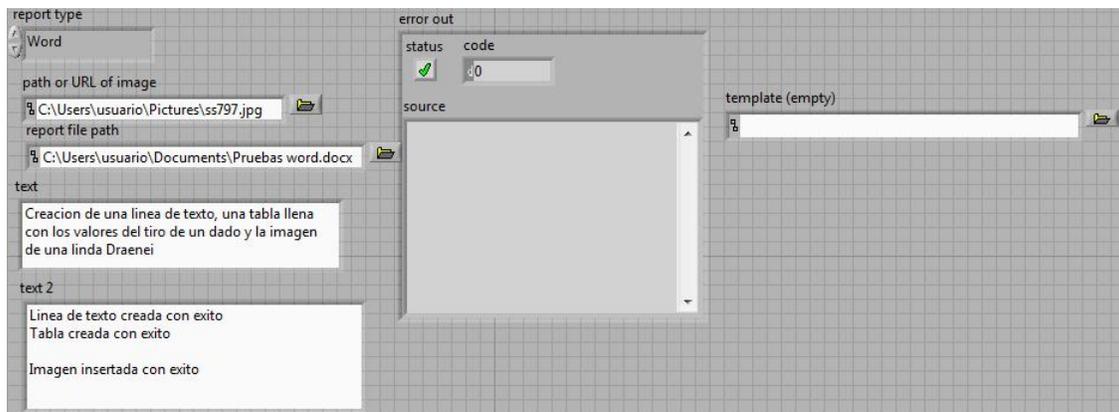


Figura 4.9: Pruebas Word: 2ª configuracion

Obtenemos estos resultados en su primera simulacion

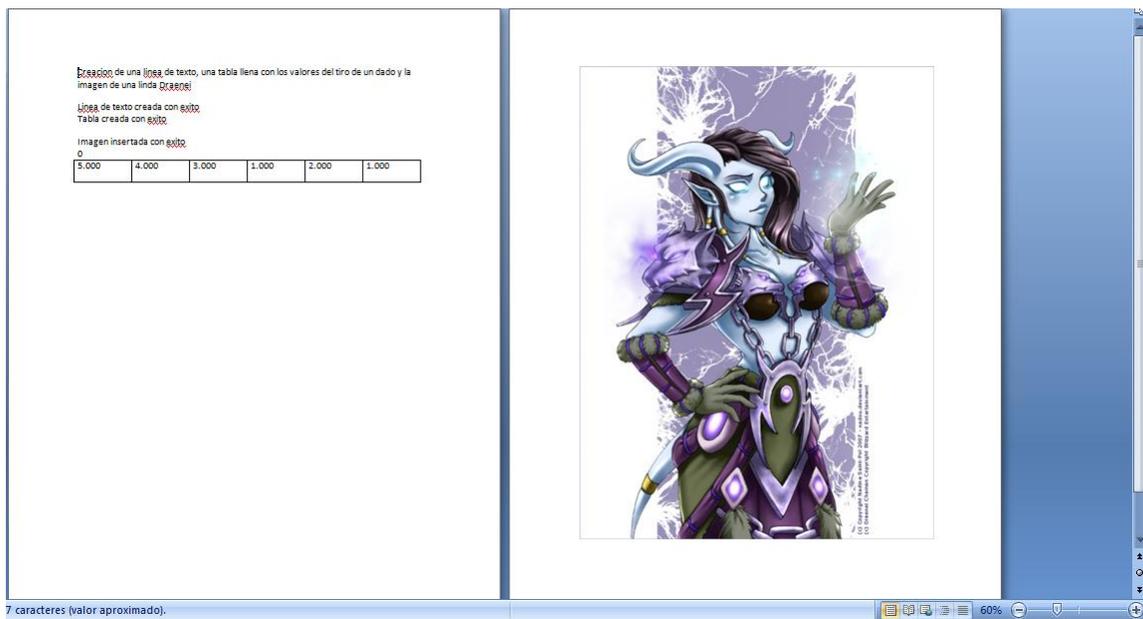


Figura 4.10: Prueba Word 2: Simulacion 1

y en su segunda

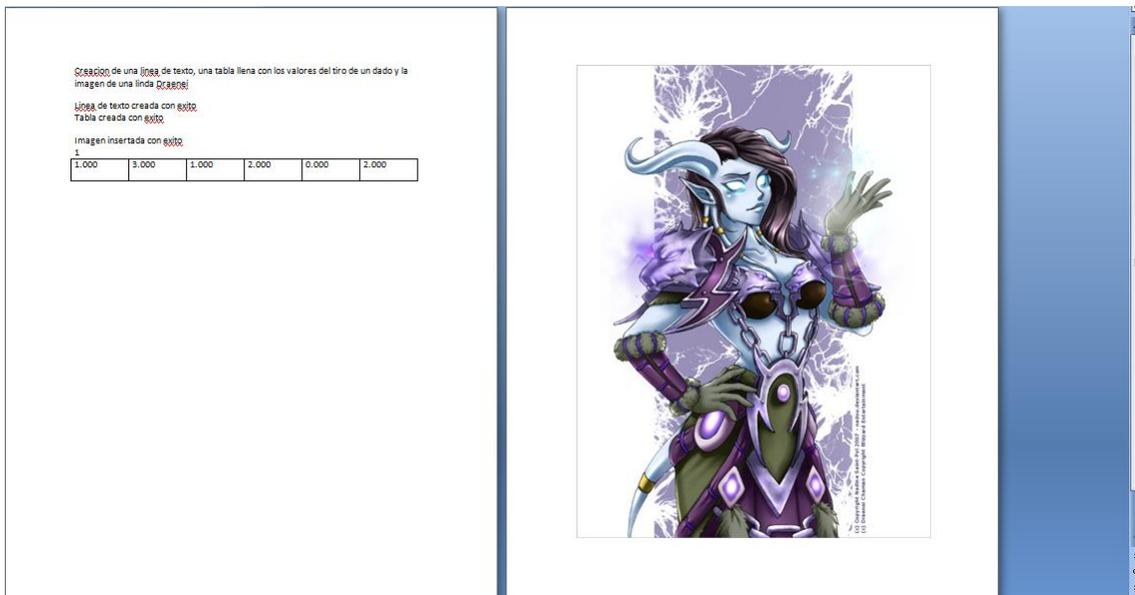


Figura 4.11: Prueba Word 2: Simulación 2

reescribiéndose el reporte generado y borrando los anteriores.

### 4.3. Medicion y documentacion de temperatura ambiental y humedad relativa

Una vez que hayamos generado el codigo de generacion de reporte, pasaremos al siguiente paso, el cual es la medicion de temperatura del interior de una estructura en un tiempo de horas. El sensor a usar será el SHT71 conectado en el primer puerto de entrada digital de la DAQ. El diagrama de conexionado se presenta a continuacion.

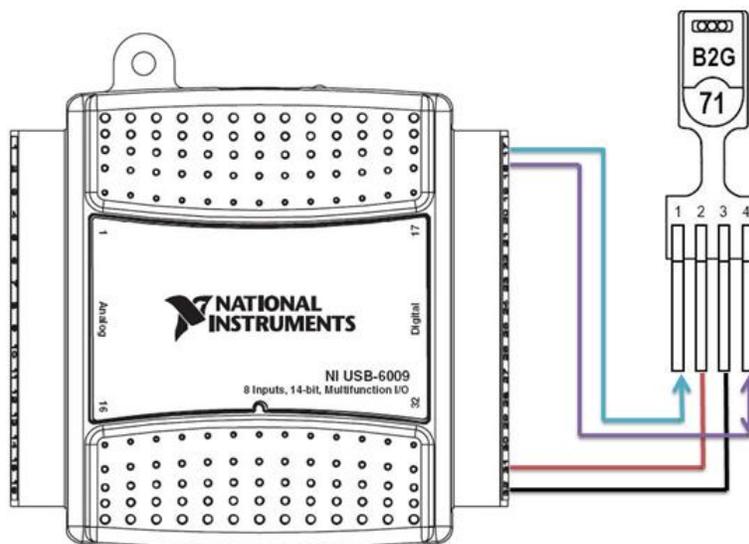


Figura 4.12: Conexionado del sensor a la DAQ

En la figura anterior, observamos que se usan 2 líneas del puerto digital y, tras observar el sentido de las flechas, deducimos que la primera línea es unidireccional, siendo la encargada de transmitir la señal de sincronía desde la tarjeta de adquisición al pin de SCK del sensor. La segunda línea es bidireccional significando que, además de transmitir instrucciones y comandos al sensor, la misma línea sirve para recibir la información que es capturada por el mismo sensor.

Las últimas conexiones representan la alimentación obligatoria que le permite al sensor funcionar. Como es digital, 5 volts deben ser producidos para poder alimentarlo, por lo que usamos el generador de la tarjeta y lo conectamos a las terminales correspondientes.

Usamos esta configuración para poder medir tanto la humedad como la temperatura del sensor.

Las mediciones consistieron en censado de las 2 variables durante un periodo de 6 horas en 2 opciones para el cultivo.

#### Terreno número 1

Este invernadero cuenta con un área de 6 metros de largo por 5.2 metros de ancho y una altura de aproximadamente 3.25 metros. Escasamente aislado salvo por la tela de alambre que define su contorno, tiene su techo hecho de plástico con lo que podemos esperar una interferencia menor por parte de la lluvia. El censado de temperatura y humedad durante 6 horas arrojaron los siguientes valores.

/newpage

Temperatura	Humedad	Tiempo	Punto de rocío
24.7	87.31	09:15	22.35
24.22	87.88	09:20	22.22
24.12	88.1	09:25	22.07
23.82	86.9	09:30	21.67
24.1	87.4	09:35	22.06
24.15	86.6	09:40	21.8
24.22	86.7	09:45	21.93
24.93	84.52	09:50	21.95
24.49	83.78	09:55	21.55
24.52	85.08	10:00	21.7
24.99	84.93	10:05	22.01
24.7	83.87	10:10	21.79
24.88	82.7	10:15	21.56
25.46	81.16	10:20	21.99
25.94	81.348	10:25	22.496
26.08	80.71	10:30	22.5
26.26	78.13	10:35	22.14
26.34	81.35	10:40	22.88
26.26	78.21	10:45	22.16
27	77.17	10:50	22.65
26.68	79.51	10:55	22.84
27.24	78.33	11:00	23.13
26.84	76.78	11:05	22.42
26.42	77.35	11:10	22.13
26.31	79.385	11:15	22.45
27.13	74.77	11:20	22.26
27.66	75.49	11:25	22.93
27.46	76.19	11:30	22.89
27.59	74.97	11:35	22.75
26.84	78.12	11:40	22.7
26.48	78.15	11:45	22.36
28.22	74.376	11:50	23.22
28.01	75.75	11:55	23.32
28.32	74.87	12:00	23.43
28.34	71.54	12:05	22.69
27.9	72.059	12:10	22.39
28.14	72.35	12:15	22.69
27.9	72.93	12:20	22.59
28.34	72.79	12:25	22.98
28.5	70.39	12:30	22.58
28.58	71.64	12:35	22.95
28.98	71.02	12:40	23.19
29.77	69.6	12:45	23.61
30.1	67.96	12:50	23.53
30.03	68.28	12:55	23.54
30.46	68.23	13:00	23.94
29.3	68.47	13:05	22.89
30	66.35	13:10	23.03
29.05	72.52	13:15	23.6
28.82	71.11	13:20	23.06
31.74	64.99	13:25	24.34
32.46	64.68	13:30	24.94
31.4	63.63	13:35	23.67
31.68	65.28	13:40	24.36
31.07	65.06	13:45	23.72
31.32	63.47	13:50	23.81
30.59	65.85	13:55	23.47
30.31	66.7	14:00	23.42
29	69.58	14:05	22.87
30.13	68	14:10	23.57
29.86	67.8	14:15	23.26
30.32	66.76	14:20	23.44
29.64	69.93	14:25	23.56
30.49	66.61	14:30	23.57
30.05	68.04	14:35	23.5
30.13	66.99	14:40	23.32
29.39	67.9	14:45	22.84
28.74	68.84	14:50	22.44
29.02	69.24	14:55	22.81
28.31	69.89	15:00	22.28

Figura 4.13: Resultados del censado en el primer invernadero

Graficados los datos anteriores, obtenemos el siguiente grafico que muestra la tendencia de los cambios en ambas variables durante las 6 horas de muestreo. Comenzamos primero con la grafica de

la temperatura

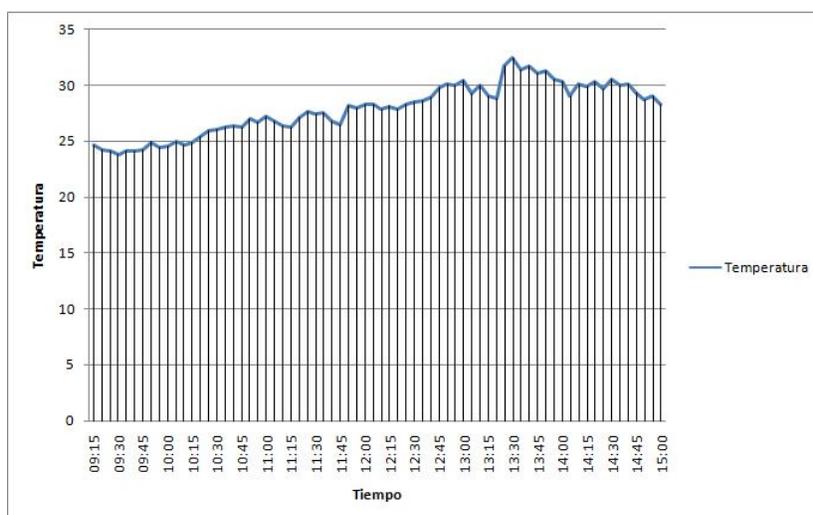


Figura 4.14: Grafica de temperatura 1

A continuacion se presenta la grafica de la humedad

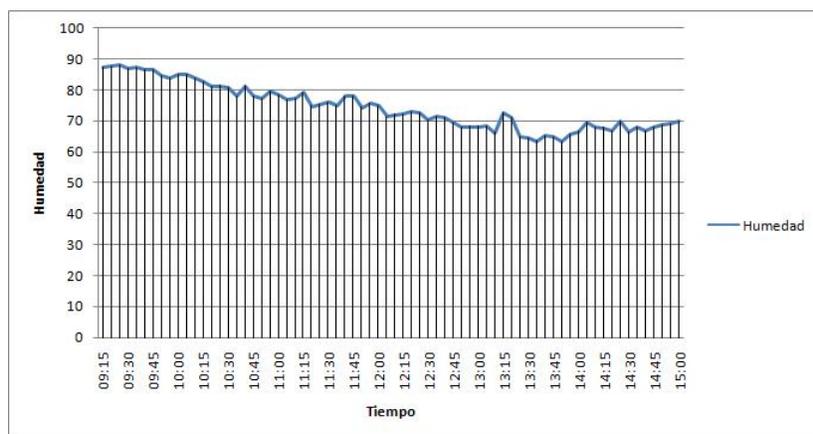


Figura 4.15: Grafica de humedad 1

La temperatura maxima durante el censado realizado fue de 32.46 °C a las 13:30 pm y la humedad en ese tiempo fue de 64.68 %.

La temperatura minima fue de 23.82 registrada a las 9:30 am con un rango de temperatura de 86.9 %.

Se observa entonces una tendencia en la disminucion de la humedad a medida que la temperatura sube hasta alcanzar su valor maximo. Este hecho es puesto en practica como una alternativa de control de temperatura y humedad, variando una de las 2 variables a voluntad.

#### Terreno numero 2

La opcion numero 2 es un invernadero con las siguientes medidas: 11 metros de largo divididos en 2 areas de 5 y 6 metros de largo, 6 metros de ancho y entre 2.2 y 2.47 metros de alto. Entre las

características más destacables es un techo de plástico completamente, contrastando con el tejado de tela mosquitero del primer invernadero. Las paredes, recubiertas de tela mosquitero negro, dan la impresión de atrapar bien el calor, además de contar con la sombra de árboles cercanos con lo cual, esta opción es ideal para cultivos que no dependen mucho de la luz solar.



Figura 4.16: Invernadero número 2

Al igual que en el primer invernadero, se realizó un censo de temperatura y humedad por 6 horas usando el mismo método. A continuación se presentan las tablas con los valores correspondientes.  
/newpage

Temperatura	Humedad	Tiempo	Punto de rocío
23.17	86.26	09:15	20.55
23.2	86.12	09:20	20.8
23.28	86.27	09:25	20.85
23.5	85.68	09:30	20.95
23.9	84.86	09:35	21.19
23.67	85.06	09:40	21
23.96	84.62	09:45	21.2
24.13	83.54	09:50	21.16
24.32	82.66	09:55	21.17
24.26	82.88	10:00	21.16
24.55	82.53	10:05	21.37
24.71	82.49	10:10	21.52
24.79	80.62	10:15	21.23
25.16	81.2	10:20	21.7
25.37	79.08	10:25	21.47
25.39	78.47	10:30	21.37
25.65	79	10:35	21.73
26.09	78.1	10:40	21.93
26.46	77.33	10:45	22.17
26.66	75.79	10:50	22.03
26.92	75.43	10:55	22.2
26.67	74.99	11:00	21.86
26.86	75.06	11:05	22.09
27.31	74.73	11:10	22.42
27.41	73.91	11:15	22.34
27.46	74.17	11:20	22.44
28.36	72.17	11:25	22.86
27.62	73.53	11:30	22.45
27.88	73.83	11:35	22.77
29.41	69.92	11:40	23.34
29.42	70.35	11:45	23.45
28.42	73.43	11:50	23.2
29.04	72.52	11:55	23.59
29.19	71.52	12:00	23.51
29.73	70.99	12:05	23.9
29.21	70.32	12:10	23.24
29.49	69.9	12:15	23.41
29.22	68.66	12:20	22.86
30.01	67.89	12:25	23.42
29.27	69.49	12:30	23.1
30.08	68.96	12:35	23.75
32.4	65.31	12:40	25.05
30.13	68.47	12:45	23.68
30.43	66.12	12:50	23.39
31.39	65.38	12:55	24.11
31.29	63.37	13:00	23.5
32.26	63.45	13:05	24.53
30.3	67.17	13:10	23.52
31.72	63.9	13:15	24.04
31.68	63.95	13:20	24.01
31.51	63.04	13:25	23.62
31.28	63.64	13:30	23.56
31.31	64.53	13:35	23.81
33.36	60.71	13:40	24.73
33.6	60.09	13:45	24.78
32.21	61.37	13:50	23.83
32.81	60.72	13:55	24.21
33.75	59.32	14:00	24.71
32.88	59.82	14:05	24.03
33.85	58.26	14:10	24.53
32.06	60.44	14:15	23.44
33.34	60.08	14:20	24.54
36.26	53.29	14:25	25.24
36.19	53.64	14:30	25.291
33.17	61.7	14:35	24.82
37.09	51.35	14:40	25.38
36.57	50.69	14:45	24.69
34.66	56.38	14:50	24.7
32.68	60.32	14:55	23.98
34.26	59.37	15:00	25.2

Figura 4.17: Resultados del censo en el segundo invernadero

Graficando estos datos de temperatura y humedad:

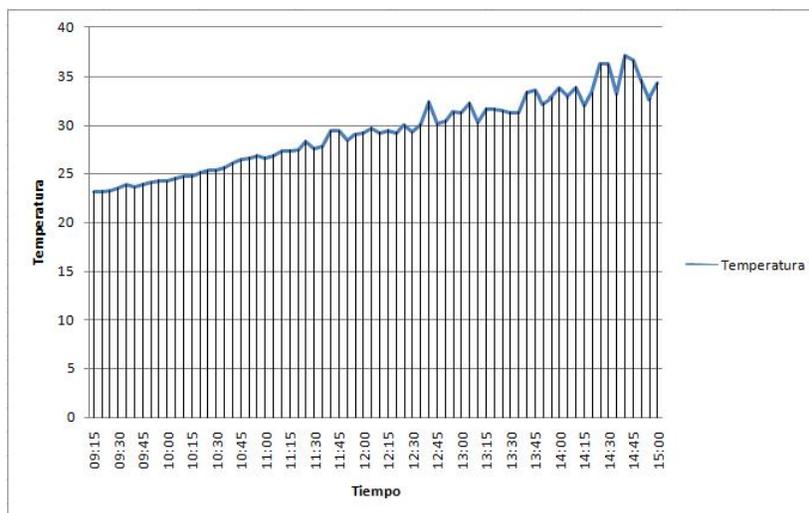


Figura 4.18: Grafica de Temperatura 2

Observando en la grafica de temperatura, un aumento considerable del valor de esta, situandose en 37 la maxima.

Los resultados del censo de humedad en la grafica se muestra a continuacion

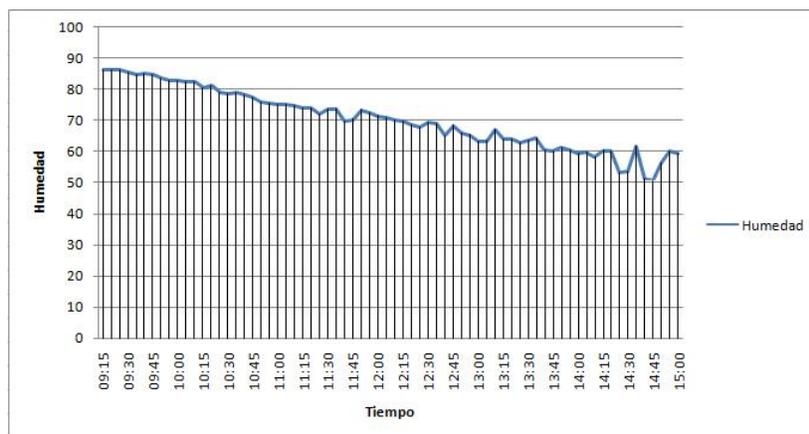


Figura 4.19: Grafica de humedad 2

Algo que es facilmente deducible, con solo ver la grafica de temperatura, es el hecho que la humedad se mantenga debajo de los limites inferiores que arrojó el censo del primer invernadero.

#### 4.4. Medicion y documentacion de temperatura ambiental, humedad del suelo y humedad relativa

Elegimos el terreno numero 1, debido al mejor paso de la luz natural, indispensable para las etapas iniciales de los cultivos y realizamos una medicion desde las 12:30 hasta las 15:00 del dia 24 de noviembre del 2009 con un intervalo de un minuto en las mediciones de temperatura ambiental, humedad relativa y humedad del suelo, la cual hemos agregado dado la ausencia del sensor en los dias de la documentacion anteriormente descrita.

Presentamos sus graficas correspondientes las cuales han sido generadas por el usuario, en lugar de presentar las graficas generadas por el codigo de documentacion

#### 4.4.1. Grafica de temperatura ambiental

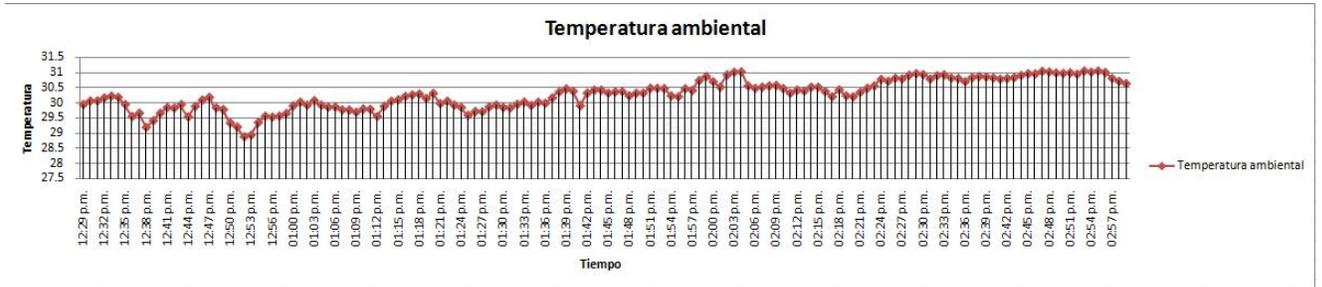


Figura 4.20: Grafica de temeperatura

#### 4.4.2. Grafica de humedad relativa

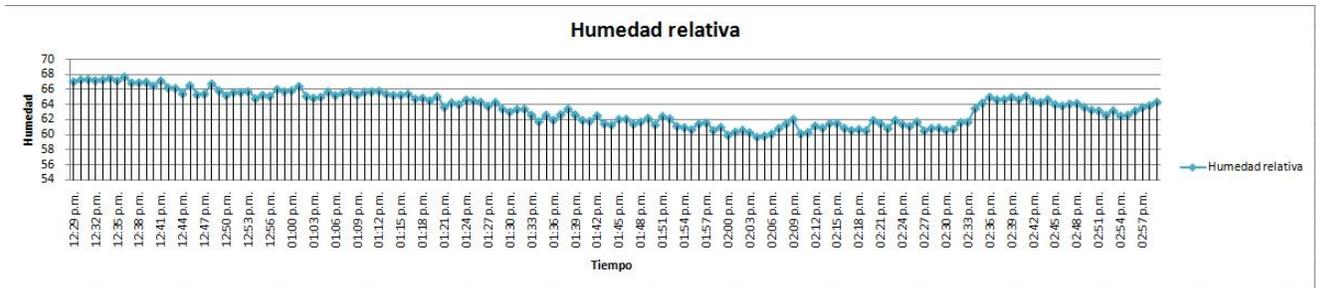


Figura 4.21: Grafica de temeperatura

#### 4.4.3. Grafica de humedad de suelo

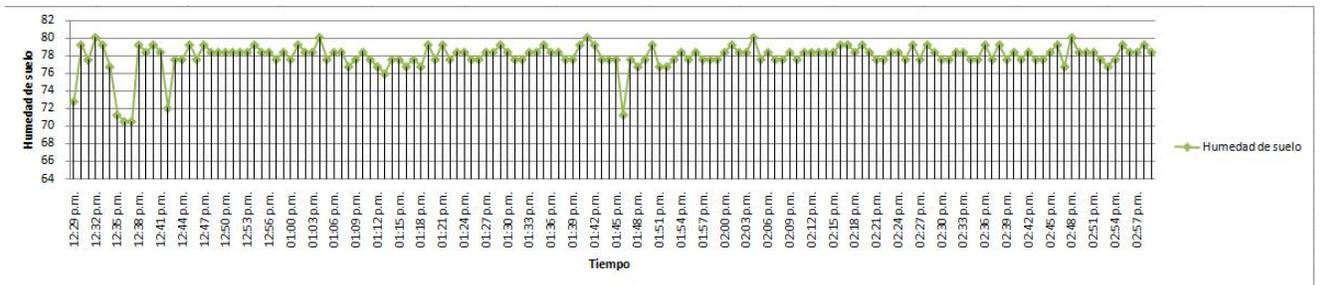


Figura 4.22: Grafica de temeperatura

## Capítulo 5

# Conclusiones

El sistema de censado, documentacion y control nos ha permitido supervisar y tener control sobre un invernadero cuyas variables son dificiles de predecir y de cambiar con el tiempo. Usar un software grafico como LabVIEW tiene la ventaja de no usar un tedioso lenguaje escrito el cual hace mas extensos los programas, ventaja que se ve reflejado en la interfaz usuario-maquina. El programa ha podido no solo censar, sino guardar un historial de los valores ambientales a lo largo de un tiempo determinado por el usuario.

La etapa de documentacion puede adaptarse a documentos de office, reportes generados en LabVIEW hasta documento html. Esto nos da una cierta flexibilidad en cuanto a decidir el tipo de historial que queremos realizar, siendo las tablas y graficas las opciones elegidas para dar a conocer las variaciones ambientales.

El control diseñado para este trabajo, es un ON-Off, sencillo ideal para controlar estas variables de lento cambio, como la humedad.

Los sensores usados han sido elegidos pensando en la facilidad que nos proporciona el usar un solo modulo de censado para 2 variables. El sensor de humedad de suelo ha probado su validez basado en el funcionamiento de un circuito eletronico ya existente en el mercado, siendo el verdadero desafio, el crear una serie de valores que correspondan a las lecturas de humedad de suelo, ya que diferentes tipos de suelos tienen diferentes características que provocan una reevaluacion de los valores de humedad.

La tecnica de obtencion de especimenes vegetales mediante micropropagacion tiene como principal ventaja, un numeo elevado de clones de la planta madre, aunque su supervivencia esta ligada a las condiciones ambientales controladas mediante un sistema similar al construido en este trabajo.

# Bibliografía

- [1] Ing. Mauricio Rolando Muñoz Cueva Ing. Mantilla Paredes Paola del Carmen. Monitoreo y control de temperatura ambiental y humedad del suelo en un invernadero de tomate riñon, utilizando comunicacion inalambrica. Master's thesis, Escuela Politécnica Nacional Quito - Ecuador.
- [2] Juan Carlos Hernandez de la Cruz. Sistema de monitoreo y control de encendido de un horno electrico basado en un control de potencia tipo integral. Master's thesis, Universidad Tecnologica de la Mixteca, 2009.
- [3] Carlos Colombini; Ernesto Forgan; Enrique Martin. *Invernadero automatizado*. Buenos Aires: Ministerio de Educacion, Ciencia y Tecnologia de la nacion, 2005.
- [4] Benjamin C. Kuo. *Sistemas de control digital*. 2002.
- [5] Juan Carlos Maraña. Instrumentacion y control de procesos. Technical report, idom, 2005. Instrumentacion.
- [6] Vancontrols. Fundamentos de sistemas de control.
- [7] *LabVIEW user manual*.
- [8] Cory L. Clark. *LabVIEW Digital Signal Processing and Digital Communications*. 2005.
- [9] Ing.Agr. Alicia Castillo. Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. 2004.
- [10] Temporizador 555.
- [11] Datasheet sht7x, 2009.

## Capítulo 6

### Anexos

#### 6.1. Diseño del circuito impreso del sensor SHT71

El sensor SHT71 lleva conectada una resistencia de 1 K entre su pin 4 correspondiente al de DATA y la alimentación VCC, sirviendo como resistencia Pull up.

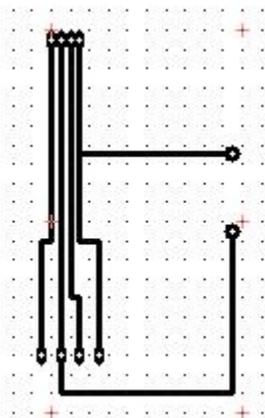


Figura 6.1: Sensor de humedad relativa y temperatura SHT71

#### 6.2. Diseño del circuito impreso del sensor de humedad de suelo

El diseño para el sensor de humedad de suelo que presentamos a continuación, muestra 3 diagramas: uno es el diagrama de conexión con símbolos de circuitos, el segundo es el diagrama en el mundo real y el último es el diagrama a copiar en la placa fenólica.

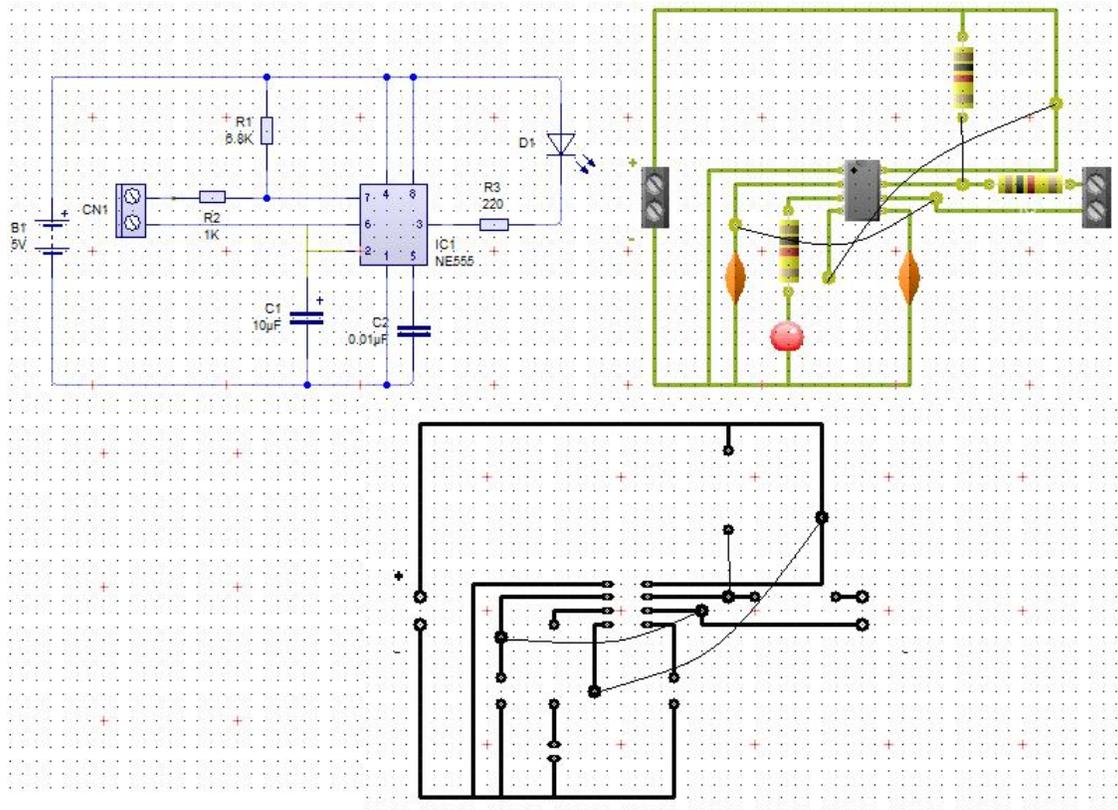


Figura 6.2: Sensor de humedad de suelo

6.3. Diagrama de la etapa de potencia para la bomba y generador de niebla

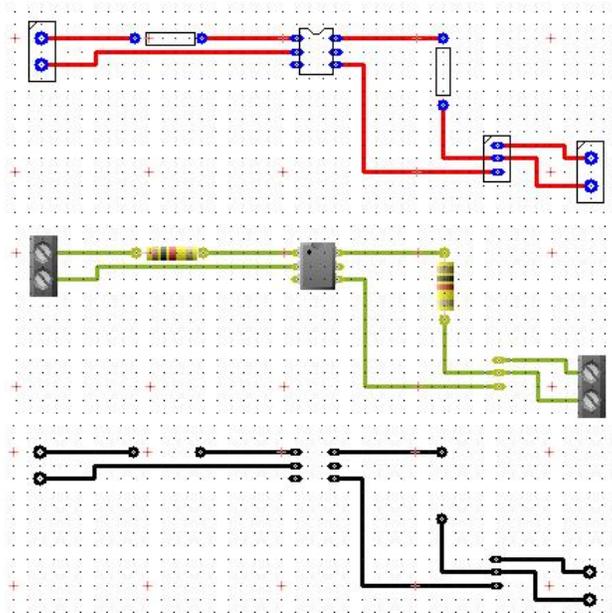


Figura 6.3: Etapa de potencia

## 6.4. Generador de niebla



Figura 6.4: El generador de niebla

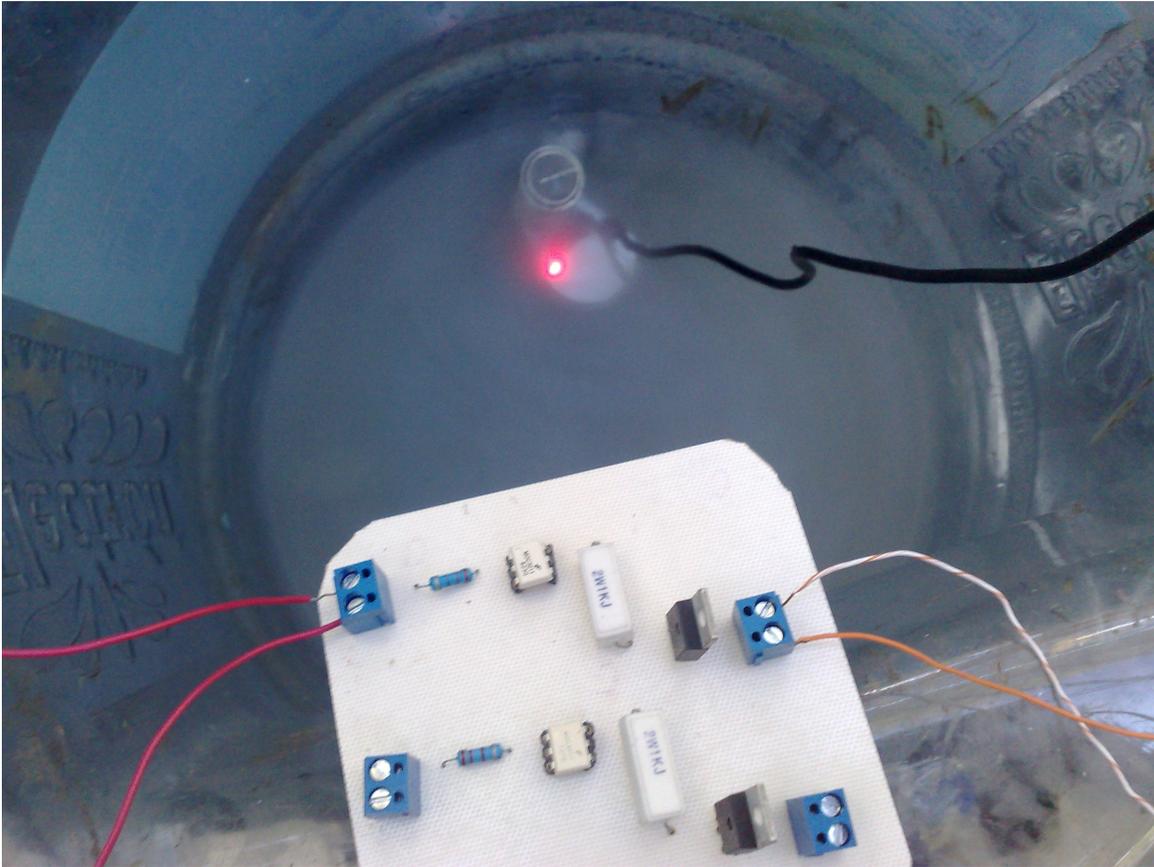


Figura 6.5: El generador de niebla y etapa de potencia

## 6.5. Bomba de riego, tanque y sistema de tuberías



Figura 6.6: La bomba de riego



Figura 6.7: Tanque para el sistema de riego



Figura 6.8: Sistema de tuberías

## 6.6. Fotos de la maqueta



Figura 6.9: Maqueta 1 ubicacion