

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA SALA DE BALANZAS DEL
LABORATORIO QUÍMICO DE LA REMMAQ (RED DE
MONITOREO ATMOSFÉRICO DE QUITO)”**

Jorge Xavier Alvear Manosalvas

Sangolquí - Ecuador

2012

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “AUTOMATIZACIÓN DE LA SALA DE BALANZAS DEL LABORATORIO QUÍMICO DE LA REMMAQ (RED DE MONITOREO ATMOSFÉRICO DE QUITO”, fue desarrollado en su totalidad por el señor JORGE XAVIER ALVEAR MANOSALVAS, portador de la cédula de ciudadanía número CI: 171299705-3, bajo nuestra dirección.

Ing. Flavio Pineda Msc.
DIRECTOR

Ing. Alexander Ibarra
CODIRECTOR

RESUMEN

El presente proyecto se realiza en la sala de balanzas de la REMMAQ (Red de Monitoreo Atmosférico de Quito).

Para automatizar la sala de balanzas, se realiza dos programas HMI (Interfaz Humano Máquina) en LABVIEW. El primero que realice la toma automática de los pesos de las balanzas directo hacia la computadora mediante el puerto serial de las mismas, y posteriormente que cree una base de datos en Excel.

El segundo que realice el control automático de la humedad relativa del ambiente de la sala de balanzas, para esto se utilizó una tarjeta de adquisición de datos *National Instruments*, la cual maneja el encendido y apagado tanto de un humidificador como de un deshumidificador de acuerdo a la humedad que se registra con datos en vivo obtenidos de un *Datalogger*.

Como resultado el operador encargado de realizar el pesaje de los filtros, no tomará datos manualmente y se podrá analizar los datos obtenidos de una manera más rápida. Además el operador no deberá estar monitoreando a cada instante la humedad relativa de la sala de balanzas y encendiendo y apagando manualmente el humidificador y deshumidificador ya que esta operación se realizará de manera automática desde el computador.

DEDICATORIA

Este trabajo lo quiero dedicar a mis padres, ya que sin ellos no hubiera logrado culminar mi educación. Ellos a lo largo de mi vida han hecho un gran esfuerzo para darme la mejor educación. Así como también a mi hermana, ya que ella ha sido un ejemplo a seguir. Este trabajo es por y para ustedes con todo mi amor, en compensación a todas las penurias que les he hecho pasar.

También quiero dedicar este trabajo a Carina Gordon, una mujer muy especial que ha dejado huella en mi corazón y en mi vida. Ella es mi inspiración, mi Sheccid. Sé que tú también lograras cumplir tus metas y tus sueños a pesar de todos los problemas que se presenten.

A todas las personas que me dijeron que no, ya que gracias a ellas lo hice por mí mismo.

AGRADECIMIENTO

Al pensar en todas las personas a las que debo agradecer, un profundo sentimiento de nostalgia me invade, ya que son tantas personas que a lo largo de estos 25 años han estado presentes y han marcado mi vida.

En primer lugar agradecer a Dios, aunque no soy muy católico, pero creo en El. Por haberme dado la vida y la inteligencia para llegar a culminar mi carrera. Y más que nada, por haber puesto en mi vida personas tan maravillosas.

A mis padres que nunca desistieron en darme una excelente educación a pesar de todas las adversidades y limitaciones que nos pone la vida. Gracias porque a pesar de todos mis errores nunca dejaron de apoyarme y hasta el día de hoy su amor es incondicional.

A mi hermana que siempre ha estado a mi lado apoyándome cuando lo necesitaba, por ser una mujer luchadora y que en los momentos más difíciles ha estado a mi lado no solo como una hermana, sino como una verdadera amiga.

A mi abuelita Josefina y a mi abuelita Clementina, que desde el cielo sé que me están protegiendo y guiando mis pasos.

A mis tíos y primos, ya que no solo han llegado a ser mi familia, sino que en muchas ocasiones se convirtieron en maestros de vida y me han acompañado en diferentes etapas de mi crecimiento como persona.

A mi chiquita Carina, ella más que nadie sabe todo el esfuerzo y dedicación que puse en este proyecto, estuvo a mi lado a lo largo de todo este tiempo y en muchas ocasiones fue mi compañera de trabajo. Gracias por todo tu cariño, gracias por ser mi motor y mi aliento. Puede que no permanezcas en mi vida, pero nunca saldrás de mi corazón. A toda su familia, que me aceptaron como un hijo más y me abrieron las puertas de su corazón.

A mis amigos, que aunque son pocos, pero son los mejores; nunca me han abandonado y en mis peores momentos siempre han estado presentes así se poniéndome sus hombros para llorar.

A mis compañeros que me ayudaron de manera desinteresada a lo largo de todo este tiempo, verdaderos compañeros de lucha.

A mi colegio Spellman que lo llevo en el corazón, a la ESPE y a todos mis profesores que supieron sembrar en mi el conocimiento y los valores de los cuales hoy me siento orgulloso al ser un profesional.

En fin, familia, amigos y profesores que han dejado huella tanto con su conocimiento como con su amor desinteresado. Todas las personas que llegan a nuestra vida tienen un propósito en ella, y si me pongo a nombrar a cada una puede que no me acuerde de todas ellas, pero esas personas saben que este logro es de todos nosotros.

PRÓLOGO

En la sala de balanzas del laboratorio químico de la REMMAQ (Red de Monitoreo Atmosférico de Quito) se realiza el acondicionamiento y pesaje de los filtros de monitoreo ambiental de las diferentes estaciones ubicadas a lo largo de todo el Distrito Metropolitano de Quito.

Actualmente, el acondicionamiento y análisis de los filtros es una tarea que toma más de una semana si la humedad varía constantemente, por lo que la precisión no es buena al variar los rangos de humedad del ambiente por lo que los datos no son confiables. La toma de datos de temperatura, humedad y pesos de los filtros se la realiza de forma manual.

El operador debe estar dedicado a esta tarea de toma de datos y además al control manual de la humedad.

Con la culminación del presente proyecto se podrá contar con una base de datos que permita realizar el análisis estadístico de los filtros para ser presentados en la página web de la CORPAIRE.

Además, el control de humedad se lo realizará de manera automática sin necesidad que el operador de la sala esté pendiente de que no exista variación en los rangos.

Si por alguna razón la humedad se encontraría fuera de las condiciones establecidas existirá una alarma luminosa que indique al operador que no puede realizar el análisis de los filtros.

Se visualizarán los datos de temperatura, humedad y pesos de los filtros en un computador, así como también las alarmas, de una manera más atractiva para el operador.

El tiempo que el operador deba realizar esta tarea disminuirá significativamente, así se podrán analizar más filtros en menos tiempo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	II
RESUMEN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
PRÓLOGO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
GLOSARIO.....	X
CAPÍTULO I.....	1
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	1
1.1.1. MATERIAL PARTICULADO.....	1
1.1.2. ANÁLISIS DE MATERIAL PARTICULADO EN LA ECOVIA Y PUNTOS DE ALTO TRÁFICO VEHICULAR.....	3
1.2. COMUNICACIÓN SERIAL.....	5
1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA COMUNICACIÓN SERIAL.....	6
Velocidad de transmisión (<i>baud rate</i>)	6
Bits de datos	6
Bits de parada	6
Paridad	7
1.2.2. ESTÁNDARES DE LA COMUNICACIÓN SERIAL.....	7
RS-232	7
RS-422	7
RS-485	8
1.3. SOFTWARE LABVIEW	8
1.3.1. INSTRUMENTOS VIRTUALES (<i>VI</i> s).....	8
1.3.2. PARTES DE UN <i>VI</i>	8
Panel Frontal.....	9
Diagrama de Bloques.....	9
Panel de Icono/Conector	10
1.3.3. CICLO <i>WHILE</i>	10
1.3.4. CICLO <i>FOR</i>	11
1.3.5. ESTRUCTURA <i>CASE</i>	12
1.3.6. TRANSFERENCIA ITERATIVA DE DATOS	13
Inicializando Registros de Desplazamiento	14
1.3.7. TEMPORIZANDO UN <i>VI</i>	16

Funciones de Espera	16
Tiempo Enlazado	17
1.3.8. Arreglos	17
1.3.9. Comunicación de Puerto Serial.....	18
1.3.10. VISA.....	20
Terminología de Programación VISA	21
VISA y Serial	22
1.3.11. Adquisición de Datos	23
<i>Hardware</i>	23
Entrada Análoga	24
Salida Análoga.....	24
E/S Digital.....	24
 CAPÍTULO II.....	 26
<i>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE</i>	26
2.1. ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL.....	26
2.1.1. HUMIDIFICADOR IÓNICO NEO-TEC XJ-750	27
2.1.2. DESHUMIDIFICADOR SOLEUS AIR 25 PINT.....	29
2.1.3. <i>DATALOGGER</i> MADGETECH RHTEMP101	30
2.1.4. Balanza de precisión Sartorius LA130S-F	32
2.1.5. BALANZA DE PRECISIÓN SARTORIUS SE2-F	34
2.2. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN SERIAL DE LA INTERFAZ DE ADQUISICIÓN DE DATOS	36
2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA BALANZA LA130S-F.....	36
2.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA BALANZA SE2-F	37
2.2.3. INTERFAZ DE COMUNICACIÓN SERIAL PARA LAS BALANZAS	38
2.2.4. CONFIGURACIÓN DEL <i>DATALOGGER</i>	39
2.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS ..	39
2.3.1. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS NI USB-6008	40
2.3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	41
2.3.3. INSTALACIÓN DEL DISPOSITIVO NI USB-6008	42
2.3.4. CONEXIONES DE ENTRADA/SALIDA	47
2.3.5. ENTRADAS/SALIDAS DIGITALES.....	49
2.4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE HUMEDAD	50
 CAPÍTULO III	 57
<i>DESARROLLO DE SOFTWARE</i>	57
3.1. HMI PRINCIPAL	57
3.2. MONITOREO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA.....	59
3.2.1. CONVERSIÓN DE LA PALABRA DE 3 BYTES A DATOS DE HUMEDAD Y TEMPERATURA.....	66
3.3. INGRESO	68
3.3.1. PROMEDIO DE HUMEDAD.....	74

3.4.	PESAJE DE FILTROS.....	82
3.4.1.	FILTROS PM10-PTS.....	82
3.4.2.	FILTROS IMPACTADORES DE CASCADA.....	90
3.4.3.	FILTROS IMPACTADORES DE PLACAS	95
3.4.4.	FILTROS PM2.5.....	98
3.5.	BASE DE DATOS	101
3.5.1.	GENERACIÓN A EXCEL.....	101
	Filtros PM10-PTS.....	106
	Filtros Impactadores de Cascada	107
	Filtros Impactadores de Placas	108
	Filtros PM2.5.....	109
3.5.2.	LECTURA DE DATOS DE EXCEL.....	110
3.6.	CONTROL AUTOMÁTICO DE HUMEDAD	112
CAPÍTULO IV		122
<i>PRUEBAS Y RESULTADOS.....</i>		<i>122</i>
4.1.	MONITOREO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA.....	125
4.2.	ADQUISICIÓN DE DATOS DE BALANZAS	126
4.2.1.	PARÁMETROS FILTROS PM10-PTS E IMPACTADORES PLACAS 126	
4.2.2.	PARÁMETROS FILTROS PM2.5 E IMPACTADORES CASCADA ..	126
4.3.	CONTROL AUTOMATICO DE HUMEDAD	131
CAPÍTULO V.....		139
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>		<i>139</i>
5.1.	CONCLUSIONES	139
5.2.	RECOMENDACIONES	140
ÍNDICE DE FIGURAS.....		142
ÍNDICE DE TABLAS		148
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		149

GLOSARIO

- **Combicon.**- *jack* conector que utiliza la tarjeta de adquisición de datos para las conexiones, propio de la marca *National Instruments*.
- **Datalogger.**- dispositivo electrónico que registra los datos en el tiempo o en relación a la ubicación ya sea con un sistema incorporado en el instrumento, sensor o por medio de instrumentos y sensores externos.
- **Impactador.**- dispositivo para la captación simultánea de partículas, que las separa en un cierto número de intervalos de tamaño.
- **Material Particulado.**- mezcla de partículas suspendidas en el aire que varían en tamaño y composición dependiendo de sus fuentes de emisiones.
- **Muestreador.**- dispositivo utilizado para realizar el muestreo de acuerdo a una programación determinada.
- **PM10.**- material particulado con un tamaño mayor igual a 10 μm .
- **PM2.5.**- material particulado con un tamaño de hasta 2.5 μm .
- **PTS.**- partículas totales suspendidas generada a partir de alguna actividad antropogénica o natural.
- **VI.**- instrumento virtual de LABVIEW

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La red de monitoreo de calidad del aire fue concebida para vigilar los niveles de contaminación atmosférica en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), y generar información fiable para diversas aplicaciones relacionadas con: la verificación del cumplimiento de la Legislación Nacional, el análisis de tendencias y su comparación con las guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la generación de información para estudios epidemiológicos y de exposición de la población, la efectividad de políticas y acciones para la reducción de emisiones y el control de la contaminación atmosférica, la identificación oportuna de eventos críticos de contaminación del aire, la identificación de sitios críticos, el uso de modelos de simulación de transporte químico y para entender de mejor manera el comportamiento de los contaminantes del aire.

La red de monitoreo es operada por la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (CORPAIRE, actualmente en reestructura institucional), bajo procedimientos rigurosos de funcionamiento, mantenimiento, calidad, control y de mejora continua. Esta actividad constituye un elemento fundamental en la consecución de los objetivos del Plan de Manejo de la Calidad del Aire, PMCA 2005 – 2010.[1]

1.1.1. MATERIAL PARTICULADO

La Red activa de material particulado (RAPAR): opera desde mayo de 2003. Comprende tres muestreadores activos semiautomáticos de alto volumen (*high volume samplers*) para partículas totales en suspensión (PTS), siete para material particulado grueso PM10 y dos para material particulado fino PM2.5. El muestreo se realiza durante 24

¹ CORPAIRE, Informe Calidad del Aire de Quito 2009, Pag. 5

horas, cada seis días, en conformidad con el método establecido en la Legislación Nacional. Se debe resaltar que desde julio de 2009 funciona el equipo de PM₁₀ de El Camal. La Figura 1.1 indica las estaciones de monitoreo. Los muestreadores se encuentran ubicados de la manera descrita en la Tabla 1.1 en las estaciones de monitoreo. [2]

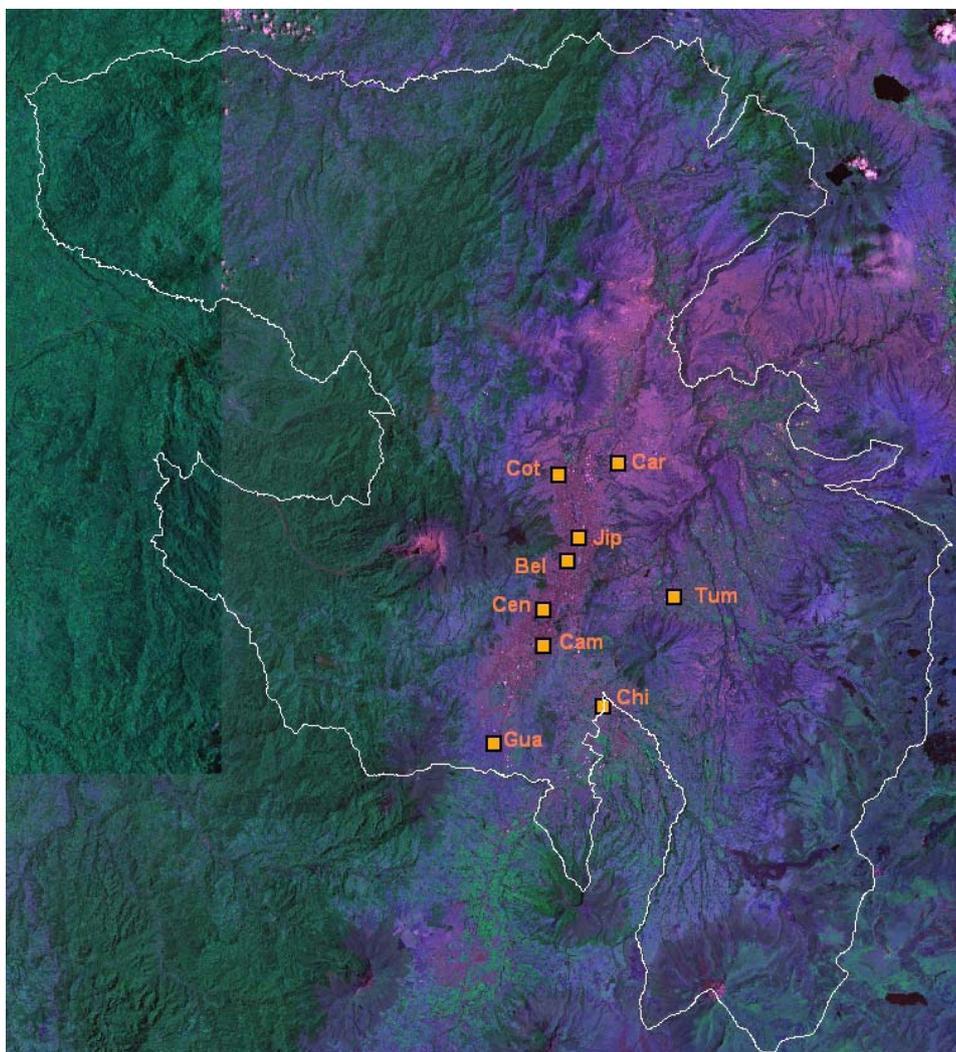


Figura 1.1. Ubicación de las estaciones de monitoreo

Estación	PM ₁₀	PM _{2.5}	PTS
Belisario	X	X	
Carapungo			X
Cotocollao	X	X	
El Camal	X		X

² CORPAIRE, Informe Calidad del Aire de Quito 2009, Pag. 8

Guamaní	X		
Jipijapa	X		X
Los Chillos	X		
Tababela	X		

Tabla 1.1. Métodos de medición

1.1.2. ANÁLISIS DE MATERIAL PARTICULADO EN LA ECOVIA Y PUNTOS DE ALTO TRÁFICO VEHICULAR

Desde el año 2006, CORPAIRE viene trabajando en la implementación del “Plan piloto de reacondicionamiento (Retrofit) de los buses de transporte de pasajeros en el DMQ, mediante el uso de filtros retenedores de partículas”. Este proyecto tenía como objetivo establecer la factibilidad de la utilización de estas tecnologías en el parque vehicular a diesel, especialmente los buses urbanos e inter parroquiales. A la fecha, se han colocado “Filtros de oxidación catalítica para vehículos a diesel, DOC” en 42 buses articulados de la ECOVIA, con el fin de reducir sus emisiones globales, y de manera particular el humo visible y las partículas emitidas al aire.

El material particulado es uno de los contaminantes del aire más importantes en el DMQ. En razón de que los vehículos a diesel constituyen una fuente importante de material particulado fino, se hizo una evaluación del impacto del mencionado Plan, sobre la calidad del aire, a más de monitorear sus concentraciones en sectores de la ciudad, considerados como puntos críticos por su alto tráfico de vehículos a diesel.

Desde diciembre de 2008, la red de monitoreo realiza mediciones de PM10 fraccionado en 8 rangos de tamaño, en tres estaciones localizados en la ECOVIA. En abril de 2009 inició con el monitoreo en la plazoleta de La Marín y la calle Necochea, escogidos como Puntos Críticos. La Figura 1.2 indica el emplazamiento de las estaciones de medición. [3]

³ CORPAIRE, Informe Calidad del Aire de Quito 2009, Pag. 125



ECOVIA

Puntos críticos

Figura 1.2. Ubicación de las estaciones de monitoreo en la ECOVIA y en Puntos Críticos.

Los equipos de muestreo se colocan en las puertas de acceso de las paradas Jipijapa, Manuela Cañizares y Simón Bolívar de la ECOVIA, y en la vereda para el caso de Puntos Críticos. Los registros se efectúan durante una hora por semana, utilizando un impactador de cascada minivol de 8 platos.

En la ECOVIA y Puntos Críticos, las muestras se toman los días martes y miércoles, a la misma hora y de manera continua, respectivamente.

Por la ubicación de los equipos de monitoreo, estos puntos monitorean principalmente las emisiones de los buses que circulan por las vías. [4]

1.2. COMUNICACIÓN SERIAL

La comunicación serial es un protocolo muy común para comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora. La mayoría de las computadoras incluyen dos puertos seriales RS-232. La comunicación serial es también un protocolo común utilizado por varios dispositivos para instrumentación. Además, la comunicación serial puede ser utilizada para adquisición de datos si se usa en conjunto con un dispositivo remoto de muestreo.

El concepto de comunicación serial es sencillo. El puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez. Aun y cuando esto es más lento que la comunicación en paralelo, que permite la transmisión de un byte completo por vez, este método de comunicación es más sencillo y puede alcanzar mayores distancias. Por ejemplo, la especificación *IEEE 488* para la comunicación en paralelo determina que el largo del cable para el equipo no puede ser mayor a 20 metros, con no más de 2 metros entre cualesquier dos dispositivos; por el otro lado, utilizando comunicación serial el largo del cable puede llegar a los 1200 metros.

Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato *ASCII*. Para realizar la comunicación se utilizan 3 líneas de transmisión: (1) Tierra (o referencia), (2) Transmitir, (3) Recibir. Debido a que la transmisión es asincrónica, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra. Existen otras líneas disponibles para realizar *handshaking*, o intercambio de pulsos de sincronización, pero no son requeridas. Las características más importantes de la comunicación serial son la velocidad de transmisión, los bits de datos, los bits de parada, y la paridad. Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales.

⁴ CORPAIRE, Informe Calidad del Aire de Quito 2009, Pag. 126

1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA COMUNICACIÓN SERIAL

- **Velocidad de transmisión (*baud rate*)**

Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (*bauds*). Por ejemplo, 300 baudios representan 300 bits por segundo. Cuando se hace referencia a los ciclos de reloj se está hablando de la velocidad de transmisión. Por ejemplo, si el protocolo hace una llamada a 4800 ciclos de reloj, entonces el reloj está corriendo a 4800 Hz, lo que significa que el puerto serial está muestreando las líneas de transmisión a 4800 Hz.

- **Bits de datos**

Se refiere a la cantidad de bits en la transmisión. Cuando la computadora envía un paquete de información, el tamaño de ese paquete no necesariamente será de 8 bits. Las cantidades más comunes de bits por paquete son 5, 7 y 8 bits. El número de bits que se envía depende en el tipo de información que se transfiere. Por ejemplo, el *ASCII* estándar tiene un rango de 0 a 127, es decir, utiliza 7 bits; para *ASCII* extendido es de 0 a 255, lo que utiliza 8 bits. Si el tipo de datos que se está transfiriendo es texto simple (*ASCII* estándar), entonces es suficiente con utilizar 7 bits por paquete para la comunicación. Un paquete se refiere a una transferencia de byte, incluyendo los bits de inicio/parada, bits de datos, y paridad. Debido a que el número actual de bits depende en el protocolo que se seleccione, el término paquete se usa para referirse a todos los casos.

- **Bits de parada**

Usado para indicar el fin de la comunicación de un solo paquete. Los valores típicos son 1, 1.5 o 2 bits. Debido a la manera como se transfiere la información a través de las líneas de comunicación y que cada dispositivo tiene su propio reloj, es posible que los dos dispositivos no estén sincronizados. Por lo tanto, los bits de parada no sólo indican el fin de la transmisión sino además dan un margen de tolerancia para esa diferencia de los relojes. Mientras más bits de parada se usen, mayor será la tolerancia a la sincronía de los relojes, sin embargo la transmisión será más lenta.

- **Paridad**

Es una forma sencilla de verificar si hay errores en la transmisión serial. Existen cuatro tipos de paridad: par, impar, marcada y espaciada. La opción de no usar paridad alguna también está disponible. Para paridad par e impar, el puerto serial fijará el bit de paridad (el último bit después de los bits de datos) a un valor para asegurarse que la transmisión tenga un número par o impar de bits en estado alto lógico. Por ejemplo, si la información a transmitir es 011 y la paridad es par, el bit de paridad sería 0 para mantener el número de bits en estado alto lógico como par. Si la paridad seleccionada fuera impar, entonces el bit de paridad sería 1, para tener 3 bits en estado alto lógico. La paridad marcada y espaciada en realidad no verifican el estado de los bits de datos; simplemente fija el bit de paridad en estado lógico alto para la marcada, y en estado lógico bajo para la espaciada. Esto permite al dispositivo receptor conocer de antemano el estado de un bit, lo que serviría para determinar si hay ruido que esté afectando de manera negativa la transmisión de los datos, o si los relojes de los dispositivos no están sincronizados.

1.2.2. ESTÁNDARES DE LA COMUNICACIÓN SERIAL

- **RS-232**

RS-232 (Estándar *ANSI/EIA-232*) es el conector serial hallado en las *PCs IBM* y compatibles. Es utilizado para una gran variedad de propósitos, como conectar un ratón, impresora o modem, así como instrumentación industrial. Gracias a las mejoras que se han ido desarrollando en las líneas de transmisión y en los cables, existen aplicaciones en las que se aumenta el desempeño de RS-232 en lo que respecta a la distancia y velocidad del estándar. RS-232 está limitado a comunicaciones de punto a punto entre los dispositivos y el puerto serial de la computadora. El hardware de RS-232 se puede utilizar para comunicaciones seriales en distancias de hasta 50 pies.

- **RS-422**

RS-422 (Estándar *EIA RS-422-A*) es el conector serial utilizado en las computadoras Apple de *Macintosh*. RS-422 usa señales eléctricas diferenciales, en comparación con señales referenciadas a tierra como en RS-232. La transmisión diferencial, que utiliza dos líneas para transmitir y recibir, tiene la ventaja que es más

inmune al ruido y puede lograr mayores distancias que RS-232. La inmunidad al ruido y la distancia son dos puntos clave para ambientes y aplicaciones industriales.

- **RS-485**

RS-485 (Estándar *EIA-485*) es una mejora sobre RS-422 ya que incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar (de 10 a 32) y define las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima. Gracias a esta capacidad, es posible crear redes de dispositivos conectados a un solo puerto RS-485. Esta capacidad, y la gran inmunidad al ruido, hacen que este tipo de transmisión serial sea la elección de muchas aplicaciones industriales que necesitan dispositivos distribuidos en red conectados a una PC u otro controlador para la colección de datos, HMI, u otras operaciones. RS-485 es un conjunto que cubre RS-422, por lo que todos los dispositivos que se comunican usando RS-422 pueden ser controlados por RS-485. El *hardware* de RS-485 se puede utilizar en comunicaciones seriales de distancias de hasta 4000 pies de cable.

1.3. SOFTWARE LABVIEW

1.3.1. INSTRUMENTOS VIRTUALES (VIs)

Los programas en LABVIEW son denominados instrumentos virtuales, o *VIs*, ya que su apariencia y operación imita a los instrumentos físicos, tal como osciloscopios y multímetros. LABVIEW contiene un conjunto comprensivo de VIs y funciones para adquirir, analizar, desplegar y almacenar datos, así como herramientas para ayudarle a solucionar problemas con su código.

1.3.2. PARTES DE UN VI

Los VIs de LABVIEW contienen tres componentes principales: el panel frontal, el diagrama de bloques y el panel de icono/conector.

- **Panel Frontal**

El panel frontal es la interfaz de usuario para el VI. La Figura 1.3 muestra un ejemplo de un panel frontal. Se construye el panel frontal con controles e indicadores, los cuales son los terminales interactivos de entrada y salida del VI respectivamente.

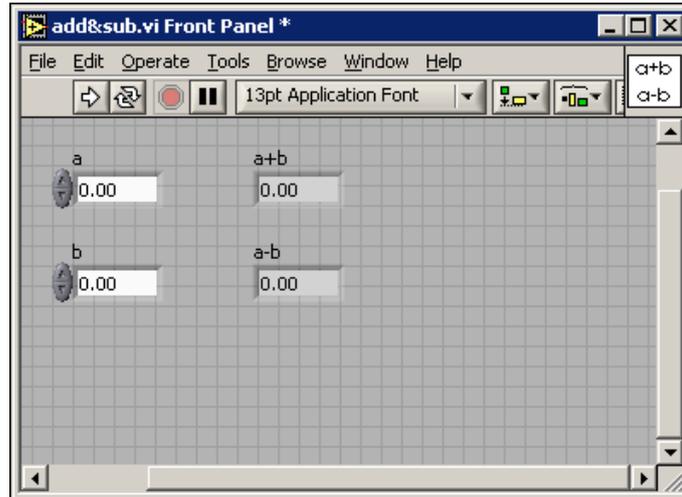


Figura 1.3. Panel frontal de un VI

- **Diagrama de Bloques**

Luego que se construye el panel frontal, se adiciona código agregando representaciones gráficas de funciones para controlar los objetos del panel frontal. La Figura 1.4 muestra un ejemplo de un diagrama de bloques. El diagrama de bloques contiene este código fuente gráfico. Los objetos del panel frontal aparecen como terminales en el diagrama de bloques.

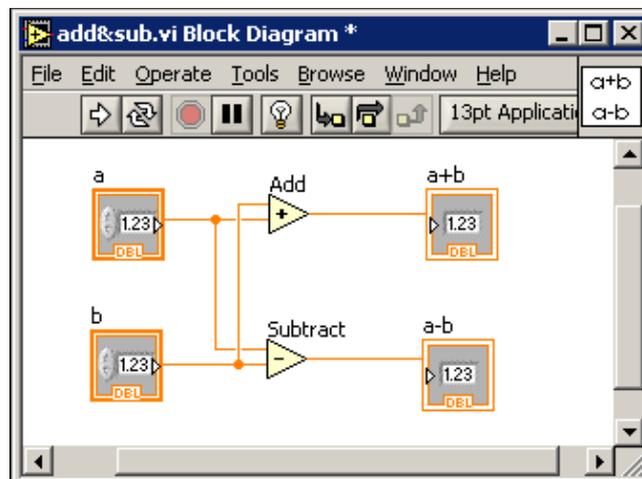


Figura 1.4. Diagrama de bloques

- **Panel de Icono/Conector**

Se puede usar un VI como un sub VI. Un sub VI es un VI que se usa dentro de otro VI, similar a una función en un lenguaje de programación basado en texto. Para usar un VI como un sub VI, este debe poseer un icono y un panel conector.

Para usar un VI como sub VI, se requiere construir un panel conector. El panel conector es un conjunto de terminales que corresponden a los controles e indicadores de ese VI, similar a la lista de parámetros del llamado a una función en lenguaje de programación basado en texto. Se ingresa al panel conector haciendo clic derecho en el icono de la esquina superior derecha de la ventana del panel frontal. No se puede ingresar al panel conector desde el icono en la ventana del diagrama de bloques.



1.3.3. CICLO WHILE

Similar a un Ciclo *Do* o a un Ciclo *Repeat-Until* en los lenguajes de programación basados en texto, un *While Loop*, mostrado a continuación ejecuta un subdiagrama hasta que una condición ocurre.

La Figura 1.5 muestra un *While Loop* en LABVIEW, un diagrama de flujo equivalente a la funcionalidad del *While Loop* y un ejemplo de pseudocódigo de la función del *While Loop*.

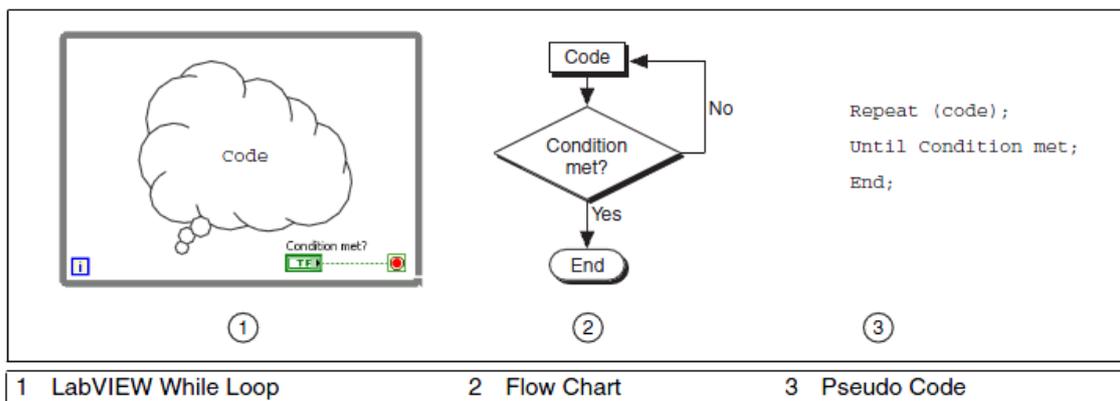


Figura 1.5. Ciclo While

El *While Loop* ejecuta el subdiagrama hasta que el terminal de condición, un terminal de entrada, reciba un valor Booleano específico. El comportamiento y apariencia por defecto del terminal condicional es *Stop if True*. 

Cuando un terminal condicional es *Stop if True*, el *While Loop* ejecuta su subdiagrama hasta que el terminal condicional reciba un valor *TRUE*. Puede cambiar el comportamiento y apariencia del terminal condicional haciendo clic derecho en el terminal o en el borde del *While Loop* y seleccionando desde el menú rápido *Continue if True*. 

Cuando un terminal condicional es *Continue if True*, el *While Loop* ejecuta su subdiagrama hasta que el terminal condicional reciba un valor *FALSE*. También se puede usar la herramienta *Operating* para hacer clic en el terminal condicional y cambiar la condición.

El terminal de iteración (un terminal de salida),  contiene el número de iteraciones realizadas. La cuenta de iteración siempre inicia en cero. Durante la primera iteración el terminal de iteración entrega un 0.

1.3.4. CICLO FOR

Un *For Loop*, mostrado en la Figura 1.6, ejecuta un subdiagrama un número fijo de veces. La siguiente ilustración muestra un *For Loop* en LABVIEW, un diagrama de flujo equivalente de la funcionalidad del *For Loop* y un ejemplo de pseudocódigo de la funcionalidad del *For Loop*.

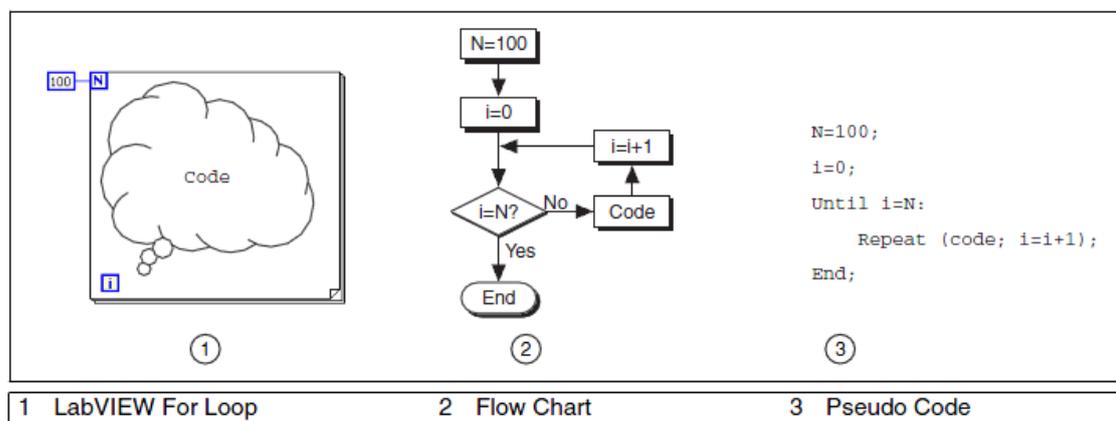


Figura 1.6. Ciclo For

El valor en el terminal de cuenta (un terminal de entrada),  indica cuantas veces se repite el subdiagrama.

El terminal de iteración (un terminal de salida),  contiene el número de iteraciones realizadas.

El terminal de cuenta siempre inicia en cero. Durante la primera iteración el terminal de iteración entrega 0.

El *For Loop* difiere del *While Loop* en que el *For Loop* se ejecuta un número fijo de veces. Un *While Loop* para su ejecución del subdiagrama solo existe el valor en el terminal condicional.

1.3.5. ESTRUCTURA CASE

Una estructura *Case*, mostrada en la Figura 1.7, posee dos o más subdiagramas o casos.

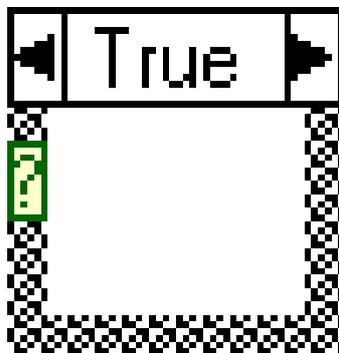
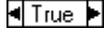


Figura 1.7. Ciclo *Case*

Solo un subdiagrama es visible a la vez y la estructura ejecuta solo un caso a la vez. Un valor de entrada determina que subdiagrama ejecutar. La estructura *Case* es similar a las sentencias de conmutación o sentencias *if...then...else* en los lenguajes de programación basados en texto.

La etiqueta de selector de caso en la parte superior de la estructura *Case*,  contiene en medio el nombre del valor selector que corresponde al caso y flechas de incremento y decremento en cada lado.

Se hace clic en la flechas de incremento y decremento para desplazarse a través de los casos disponibles. También se puede hacer clic en la flecha hacia abajo junto al nombre del caso y escoger un caso desde el menú desplegable.

Se debe cablear un valor de entrada, o selector, al terminal selector, para determinar qué caso ejecutar. 

Se puede cablear un entero, un valor Booleano, una cadena o un valor tipo enumerado al terminal selector. Puede ubicar el terminal selector en cualquier posición del borde izquierdo de la estructura *Case*. Si el tipo de dato del terminal selector es un Booleano, la estructura posee un caso *TRUE* y un caso *FALSE*. Si el terminal selector es un entero, cadena o valor de tipo enumerado la estructura puede tener cualquier número de casos.

Se debe especificar un caso por defecto para que la estructura *Case* controle valores fuera de rango. De lo contrario, se debe listar específicamente cada posible valor de entrada. Por ejemplo, si el selector es un entero y se especificó para 1, 2 y 3, se debe especificar un caso por defecto a ejecutar si el valor de entrada es 4 o cualquier otro valor de entero no especificado.

Se hace clic derecho en el borde de la estructura *Case* para adicionar, duplicar, remover o reorganizar los casos y para seleccionar un caso por defecto.

1.3.6. TRANSFERENCIA ITERATIVA DE DATOS

Cuando se está programando ciclos, normalmente se puede requerir acceder a datos desde iteraciones previas. Por ejemplo, si se está adquiriendo una pieza del dato en cada iteración de un ciclo y se debe realizar un promedio cada cinco piezas de datos, se debe recordar los datos desde iteraciones previas del ciclo. Los registros de desplazamiento transfieren valores de datos desde una iteración del ciclo a la siguiente.

Los registros de desplazamiento son similares a las variables estáticas en los lenguajes de programación basados en texto.

Se usa registros de desplazamiento cuando se desea pasar valores desde iteraciones previas a través del ciclo a la iteración siguiente. Un registro de desplazamiento aparece como un par de terminales,  directamente opuestos uno con el otro a los lados verticales del borde del ciclo.

El terminal del lado derecho del ciclo contiene una flecha hacia arriba y almacena el dato a la terminación de una iteración. LABVIEW transfiere el dato conectado al lado derecho del registro a la siguiente iteración. Luego que el ciclo se ejecuta, el terminal en el lado derecho del ciclo retorna el último valor almacenado en el registro de desplazamiento.

Cree un registro de desplazamiento haciendo clic derecho en el borde izquierdo o derecho de un ciclo y seleccionando *Add Shift Register* desde el menú rápido.

Un registro de desplazamiento transfiere cualquier tipo de dato y cambia automáticamente al tipo del primer objeto cableado a él. Los datos que se cableen a los terminales de cada registro de desplazamiento deben ser del mismo tipo.

Se puede adicionar más de un registro de desplazamiento a un ciclo. Si se posee varias operaciones que usan valores de iteraciones previas dentro del ciclo, se emplea varios registros de desplazamiento para almacenar los valores de datos desde esos diferentes procesos en una estructura, como se muestra en la Figura 1.8.

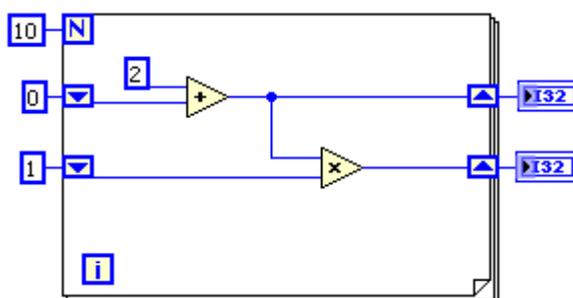


Figura 1.8. Transferencia iterativa de datos

- **Inicializando Registros de Desplazamiento**

Al inicializar un registro de desplazamiento se borra el valor que el registro de desplazamiento pasa a la primera iteración del ciclo cuando el VI corre. Se inicializa un

registro de desplazamiento cableando un control o constante al terminal del registro de desplazamiento en el lado izquierdo del ciclo, como se muestra en la Figura 1.9.

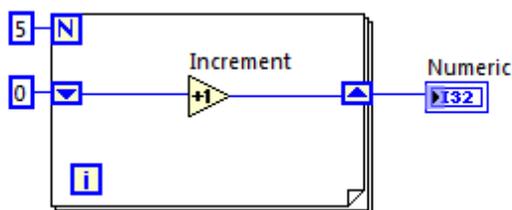


Figura 1.9. Registro de desplazamiento inicializado en cero

En la figura anterior, el *For Loop* se ejecuta cinco veces, incrementando el valor que lleva el registro de desplazamiento en uno cada vez. Luego de cinco iteraciones del *For Loop*, el registro de desplazamiento pasa el valor final, 5, al indicador y el VI termina. Cada vez que se corre el VI, el registro de desplazamiento inicia con un valor de 0.

Si no se inicia el registro de desplazamiento, el ciclo usa el valor escrito en él cuando el ciclo se ejecuto por última vez o el valor por defecto del tipo de dato si el ciclo nunca ha sido ejecutado.

Se usa un registro de desplazamiento sin inicializar para preservar el estado de la información entre subsecuentes ejecuciones de un VI. La Figura 1.10 muestra un registro de desplazamiento sin inicializar.

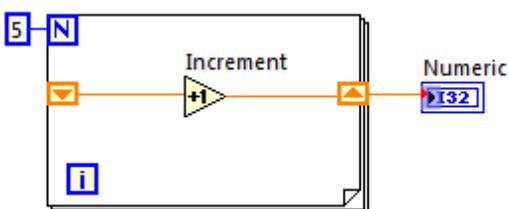


Figura 1.10. Registro de desplazamiento no inicializado

En la figura anterior, el *For Loop* se ejecuta cinco veces, incrementando el valor que lleva el registro de desplazamiento en uno cada vez. La primera vez que corre el VI, el registro de desplazamiento inicia con un valor de 0, el cual es el valor por defecto para un entero de 32 bits. Luego de cinco iteraciones del *For Loop*, el registro de desplazamiento pasa el valor final, 5, al indicador, y el VI termina. La siguiente vez que se corra el VI, el

registro de desplazamiento inicia con un valor de 5, el cual fue el último valor desde la última ejecución. Luego de cinco iteraciones del *For Loop*, el registro de desplazamiento pasa el valor final, 10, al indicador. Si corre el VI nuevamente, el registro de desplazamiento inicia con un valor de 10, y así sucesivamente. Un registro de desplazamiento sin inicializar retiene el valor de la iteración previa hasta que se cierra el VI.

1.3.7. TEMPORIZANDO UN VI

Cuando un ciclo termina de ejecutar una iteración, inmediatamente inicia la ejecución de la siguiente, a menos que alcance una condición de paro. Muy frecuentemente, se requiere controlar la frecuencia o temporización de la iteración. Por ejemplo, si se está adquiriendo datos, y se desea adquirirlos una vez cada 10 segundos, se necesita de una forma para temporizar las iteraciones del ciclo para que ellas ocurran una vez cada 10 segundos.

Si no se requiere que la ejecución ocurra a una cierta frecuencia, se requiere dar al procesador tiempo para realizar otras tareas, tales como procesar la interfaz de usuario.

- **Funciones de Espera**

Una función de espera se coloca dentro de un ciclo para permitir que el VI duerma por una cantidad determinada de tiempo. Esto permite que su procesador conduzca otras tareas durante el tiempo de espera. Las funciones de espera usan el reloj de milisegundos del sistema operativo.

La función *Wait Until Next ms Multiple*, monitorea un contador en milisegundos y espera hasta que este alcance un múltiplo de la cantidad que se especifica. Se usa esta función para sincronizar actividades. Se debe colocar esta función en un ciclo para controlar su velocidad de ejecución. Para que esta función sea efectiva, su tiempo de ejecución del código debe ser menor al tiempo especificado para esta función. La velocidad de ejecución para la primera iteración del ciclo es indeterminada.

La función *Wait (ms)*, espera hasta que el contador de milisegundos cuente en una cantidad igual a la entrada que se especifica. Esta función garantiza que la velocidad de ejecución del ciclo es al menos la cantidad en la entrada que se especifica.

El VI *Time Delay Express* se comporta similar a la función *Wait (ms)* con la adición de *clusters* de error incluidos.

- **Tiempo Enlazado**

En algunos casos, es útil determinar cuánto tiempo se ha enlazado luego de algún punto en su VI. El VI *Elapsed Time Express*, indica la cantidad de tiempo que se ha enlazado luego del tiempo especificado de inicio. Este VI permite llevar registro del tiempo mientras el VI continúa la ejecución. Esta función no provee tiempo al procesador para realizar otras tareas.

1.3.8. Arreglos

Un arreglo consiste de elementos y dimensiones. Los elementos son los datos que conforman el arreglo. Una dimensión es la longitud, altura o profundidad de un arreglo. Un arreglo puede tener una o más dimensiones y tantos como $(2^{31}) - 1$ elementos por dimensión, permitidos por memoria.

Se puede construir arreglos con tipos de datos numéricos, Booleanos, rutas, cadenas, formas de onda y *clusters*. Se considera el uso de arreglos cuando se trabaja con una colección de datos similares y cuando se realiza evaluaciones repetitivas. Los arreglos son ideales para almacenar datos que se recolecta desde formas de onda o datos generados en ciclos, donde cada iteración de un ciclo produce un elemento del arreglo.

La Figura 1.11 muestra un ejemplo de un arreglo de números. El primer elemento mostrado en el arreglo (3.00) posee un índice de 1 y el segundo elemento (1.00) está en el índice 2. El elemento en el índice 0 no se muestra en esta imagen, ya que el elemento 1 está seleccionado en el *display* de índice. El elemento seleccionado en el *display* de índice siempre se refiere al elemento mostrado en la esquina superior izquierda del *display* de elementos.

La velocidad en Baudios mide que tan rápido se mueven los datos entre los instrumentos que usan la comunicación serial.

Los Bits de datos son transmitidos a la inversa y hacia atrás, lo cual quiere decir que se usa lógica inversa y el orden de la transmisión es del bit menos significativo (*LSB*) hacia el bit más significativo (*MSB*). Para interpretar los bits de datos en un marco de caracter, se debe leerlos de derecha a izquierda y leer 1 para voltaje negativo y 0 para voltaje positivo

Un bit opcional de paridad sigue a los bits de datos en el marco de caracter. El bit de paridad, si está presente, también sigue lógica inversa. Este bit se incluye como una forma de verificación de error. Se especifica por adelantado en la transmisión la paridad para que esta sea par o impar. Si se selecciona que la paridad sea impar, el bit de paridad se fija de tal forma que el número de 1s sumen hasta completar un número impar en la cantidad de bits de datos incluyendo el bit de paridad.

La última parte del marco de caracter consiste de 1, 1.5 o 2 bits de parada que siempre están representados por un voltaje negativo. Si no se van a transmitir más caracteres, la línea permanece en una condición negativa (*MARK*). La transmisión del siguiente marco de caracter, de existir, empieza con un bit de inicio de voltaje positivo (*SPACE*).

La siguiente figura muestra un marco típico de caracter codificando la letra m.

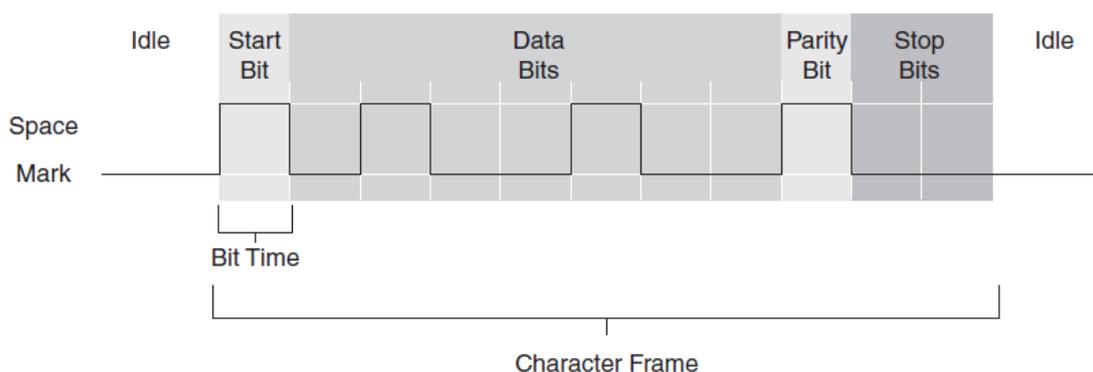


Figura 1.13. Macro de carácter para la letra M

RS-232 usa solo dos estados de voltaje, denominados *MARK* y *SPACE*. En un esquema tal de codificación de dos estados, la velocidad en baudios es idéntica al número

máximo de bits de información, incluyendo los bits de control, que son transmitidos por segundo.

MARK es un voltaje negativo y *SPACE* es positivo. La ilustración anterior muestra como aparece la señal idealizada en un osciloscopio. La siguiente es la tabla de verdad para RS-232:

Serial > +3 V = 0

Serial < -3 V = 1

El nivel de la señal de salida usualmente oscila entre +12 V y -12 V. El área muerta entre +3 V y -3 V está diseñada para absorber ruido de la línea.

Un bit de inicio significa el comienzo de cada marco de caracter. Ésta es una transición desde un voltaje negativo (*MARK*) hacia uno positivo (*SPACE*). Su duración en segundos es el recíproco de la velocidad en baudios. Si el instrumento está transmitiendo a 9,600 baudios, la duración del bit de inicio y de cada subsiguiente bit es aproximadamente 0.104 ms. Todo el marco de caracter de once bits será transmitido en cerca de 1.146 ms.

La interpretación de los bits de datos para la transmisión produce 1101101 (*binario*) o 6D (*hex*). Una tabla de conversión *ASCII* muestra que esta es la letra m.

La transmisión usa paridad impar. Existen cinco unos entre los bits de datos, lo cual ya es un número impar, así el bit de paridad se fija en 0.

1.3.10. VISA

La *Arquitectura de Software para Instrumento Virtual* (VISA) es la capa más baja de funciones en los VIs controladores de instrumentos de LABVIEW que se comunica con el *software* controlador. VISA en sí misma no provee capacidades de programación de instrumentos.

- **Terminología de Programación VISA**

La siguiente terminología es similar a la usada para VIs controladores de instrumentos:

- **Resource.-** Cualquier instrumento en el sistema, incluyendo puertos seriales y paralelos.
- **Session.-** Se debe abrir una sesión VISA para un recurso con el fin de comunicarse con él, similar a un canal de comunicación. Cuando se abre una sesión para un recurso, LABVIEW retorna un número de sesión VISA, el cual es un *refnum* único para el instrumento. Se debe usar el número de sesión en todas las funciones subsecuentes de VISA.
- **Instrument Descriptor.-** Nombre exacto de un recurso. El descriptor especifica el tipo de interfaz (GPIB, VXI, ASRL), la dirección del dispositivo (dirección lógica o dirección primaria) y el tipo de sesión VISA (INSTR o *Event*).

El descriptor de instrumento es similar a un número telefónico, el recurso es similar a la persona con quien se desea hablar y la sesión es similar a la línea telefónica. Cada llamada usa su propia línea y el cruce de estas líneas resulta en un error. La tabla muestra la sintaxis apropiada para el descriptor de instrumento.

Interface	Syntax
Asynchronous serial	ASRL[<i>board</i>] [:: <i>INSTR</i>]
GPIB	GPIB[<i>board</i>]:: <i>primary address</i> [:: <i>secondary address</i>] [:: <i>INSTR</i>]
VXI instrument through embedded or MXIbus controller	VXI[<i>board</i>]:: <i>VXI logical address</i> [:: <i>INSTR</i>]
GPIB-VXI controller	GPIB-VXI[<i>board</i>] [:: <i>GPIB-VXI primary address</i>]:: <i>VXI logical address</i> [:: <i>INSTR</i>]

Tabla 1.2. Sintaxis para varias interfaces de instrumentos

Si se escoge no usar el *Instrument I/O Assistant* para generar automáticamente código por uno mismo, aún se puede escribir un VI para que se comunique con el instrumento. Las funciones de comunicación VISA más usadas comúnmente son las

funciones *VISA Write* y *VISA Read*. La mayoría de los instrumentos requieren que se envíe información en forma de un comando o solicitud antes que pueda leer información de regreso desde el instrumento. Por tanto, la función *VISA Write* es seguida usualmente por una función *VISA Read*. Las funciones *VISA Write* y *VISA Read* trabajan con cualquier tipo de comunicación de instrumento y son las mismas sin importar que realice comunicación GPIB o serial. Sin embargo, ya que la comunicación serial requiere que configure parámetros extras, debe iniciar la comunicación de puerto serial con el VI *VISA Configure Serial Port*.

- **VISA y Serial**

El VI *VISA Configure Serial Port* inicializa el puerto identificado por *VISA resource name* con las configuraciones especificadas. *Timeout* fija el valor de tiempo de salida para una comunicación serial. *Baud rate*, *data bits*, *parity* y *flow control* determinan aquellos parámetros específicos de puerto serial. Los *clusters* de *error in* y *error out* mantienen las condiciones de error para este VI.

La Figura 1.14 muestra como enviar el comando de solicitud de identificación **IDN?* al instrumento conectado al puerto serial COM2. El *VISA Configure Serial Port* abre la comunicación con COM2 y fija este a 9,600 baudios, ocho bits de datos, paridad impar, un bit de parada y software *XON/XOFF* de *handshaking*. Entonces, la función *VISA Write* envía el comando. La función *VISA Read* lee de regreso 200 bytes del buffer de lectura y el VI *Simple Error Handler* verifica las condiciones de error.

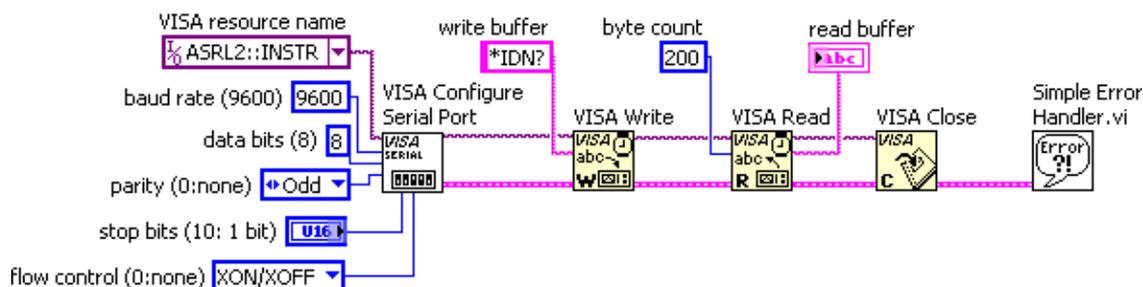


Figura 1.14. Ejemplo de configuración serial para VISA

1.3.11. Adquisición de Datos

- **Hardware**

Un sistema típico DAQ posee tres tipos básicos de *hardware*, un bloque terminal, un cable y un dispositivo DAQ, como se muestra en la figura.

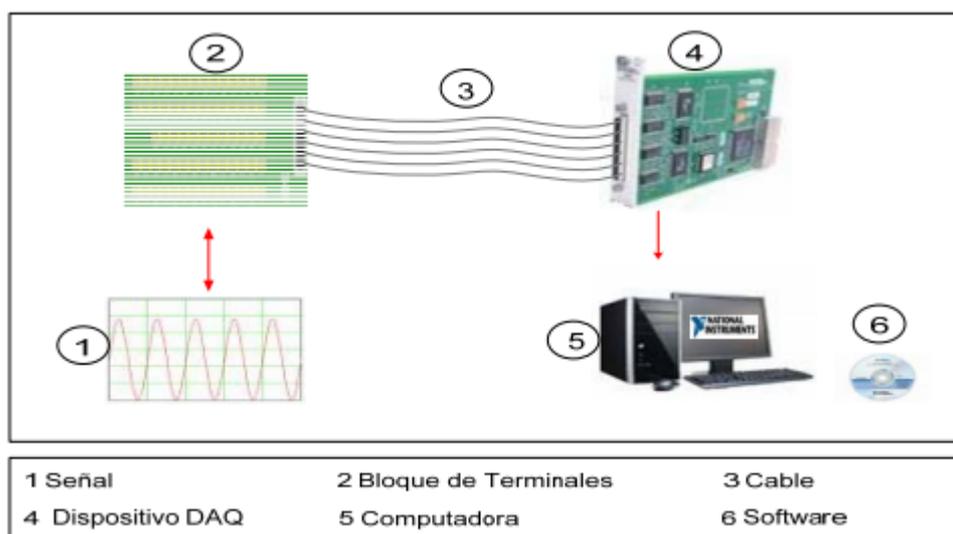


Figura 1.15. Sistema típico DAQ

Luego que ha convertido un fenómeno físico en una señal medible con o sin acondicionamiento, se necesita adquirir esa señal. Para adquirir una señal, necesita un bloque terminal, un cable, un dispositivo DAQ y un computador. Esta combinación de *hardware* puede transformar un computador en un sistema de medición y automatización.

- **Bloque Terminal y Cable.-** Un bloque terminal provee un lugar para conectar las señales. Este consiste de tornillos o terminales de resorte para conectar las señales y un conector para un cable con el fin de comunicar el bloque terminal con un dispositivo DAQ. El bloque terminal posee 100, 68 o 50 terminales. El tipo de bloque terminal que se debe seleccionar depende de dos factores, el dispositivo y el número de señales que se está midiendo.
- **Dispositivo DAQ.-** La mayoría de los dispositivos DAQ poseen cuatro elementos estándar: entrada análoga, salida análoga, E/S digital y contadores.

Se puede transferir la señal que mide con el dispositivo DAQ al computador a través de una variedad de diferentes estructuras de bus. Por ejemplo, puede usar un

dispositivo DAQ que se conecta dentro del bus PCI de un computador, un dispositivo DAQ conectado a la ranura PCMCIA de un portátil o un dispositivo DAQ conectado al puerto USB de un computador.

- **Entrada Análoga**

Entrada análoga es el proceso de medir una señal análoga y transferir la medición a un computador para análisis, despliegue o almacenamiento. Una señal análoga es una señal que varía continuamente. La entrada análoga se usa comúnmente para medir voltaje o corriente.

- **Salida Análoga**

La salida análoga es el proceso de generar señales eléctricas desde el computador. La salida análoga es generada por la realización de conversiones digital-a-análogo (D/A). Los tipos de salida análoga disponibles para una tarea son voltaje y corriente.

Para realizar una tarea de voltaje o corriente, debe ser instalado un dispositivo compatible que pueda generar esta forma de serial.

- **E/S Digital**

Las señales digitales son señales eléctricas que transfieren datos digitales sobre cables. Estas señales típicamente poseen solo dos estados: *on* y *off*, también conocidos como alto y bajo, o 1 y 0. Cuando se envía una señal digital a través de un cable, el remitente aplica un voltaje al cable y el receptor usa el nivel de voltaje para determinar el valor que ha sido enviado. Los rangos de voltaje para cada valor digital dependen del nivel de voltaje estándar que se está usando. Las señales digitales poseen muchos usos; la aplicación más simple de una señal digital es controlar o medir dispositivos digitales o de estado finito tales como interruptores y *LEDs*. Las señales digitales también pueden transferir datos; puede usarlas para programar dispositivos o para comunicación entre ellos. Además, puede usar señales digitales como reloj o disparo para control o sincronización de otras mediciones.

Se puede usar las líneas digitales en un dispositivo DAQ para adquirir un valor digital. Esta adquisición se hace con base en temporización de software. En algunos dispositivos, puede configurar las líneas individualmente ya sea para medir o generar muestras digitales. Cada línea corresponde a un canal en la tarea.

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE

2.1. ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

El sistema actual de la sala de balanzas de la REMMAQ consta de los siguientes elementos y equipos, mostrados en la Figura 2.1.

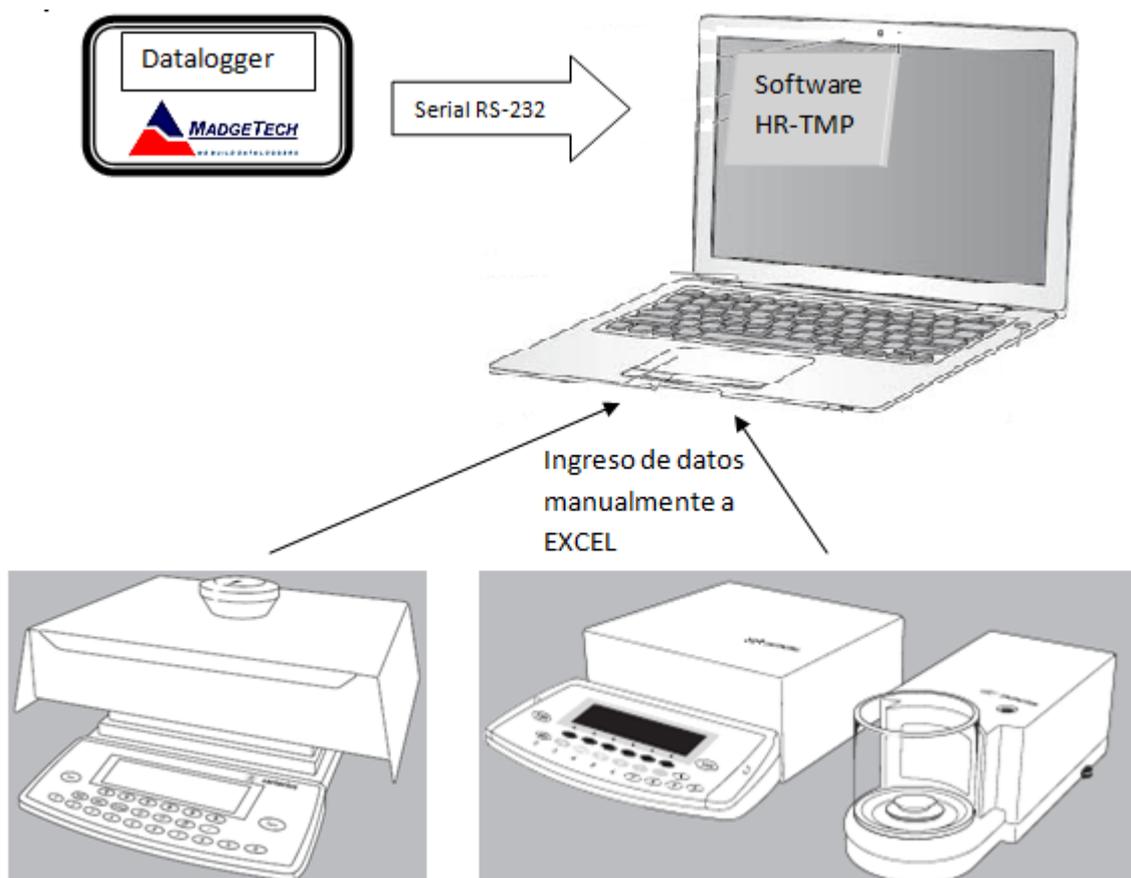


Figura 2.1. Esquema del sistema actual de la sala de balanzas

- 1 Computador
- 1 *Datalogger* Madgetech RHTEMP101
- 1 Balanza de precisión Sartorius LA130S-F

- 1 Balanza de precisión SE2-F
- 1 Deshumidificador Soleus Air 25 Pint
- 1 Humidificador Iónico Neo-Tec XJ-750

El *Datalogger* Madgetech está conectado al computador y mediante su software se visualizan los datos de temperatura y humedad del ambiente de la sala de balanzas.

Para la utilización de los filtros estos deben estar acondicionados antes y después del muestreo. Para esto se debe dejar el filtro por 48 horas en la sala de balanzas dentro de los parámetros de humedad y temperatura establecidos, luego de esto se pesan los filtros antes y después de ser muestreados. Cuando existe variación en estos parámetros (humedad y temperatura) los pesos de los filtros no son los reales.

El parámetro que más influye en la variación de los pesos de los filtros es la humedad relativa, por lo que debe estar en un rango entre 45% y 55%.

El operador tiene la tarea de monitorear y controlar la humedad de forma manual. Cuando la humedad relativa del ambiente se encuentra por debajo del 45%, el operador debe encender el humidificador hasta que la humedad llegue al 50%, y luego se procede a apagar el humidificador.

Cuando la humedad relativa del ambiente se encuentra por encima del 55%, el operador debe encender el deshumidificador hasta que la humedad llegue al 50%, y luego se procede a apagar el deshumidificador.

2.1.1. HUMIDIFICADOR IÓNICO NEO-TEC XJ-750

El humidificador es un aparato que sirve para aumentar la humedad del ambiente en una habitación. Básicamente existen tres tipos de humidificadores.

- Fríos (ultrasónicos)
- Calientes (electrodos)
- Calientes (evaporación)



Figura 2.2. Humidificador Iónico Neo-Tec

Los humidificadores ultrasónicos, producen una nebulización del agua a través de vibraciones de muy alta frecuencia, son extremadamente seguros, silenciosos, con caudal regulable y de muy bajo consumo (típicamente de 20W a 35 W). Por otra parte sólo puede utilizarse agua y está absolutamente prohibido el uso de cualquier aditivo. Su uso típico es la restauración de la humedad relativa durante largos períodos de tiempo.

Los humidificadores de electrodos generan vapor mediante la ebullición del agua del depósito calentada a través de la corriente que pasa directamente por el agua. Son más peligrosos (el vapor que expulsa lo hace a alta temperatura), y tienen un consumo elevado. El caudal de salida no es regulable y depende mucho de la dureza del agua. A mayor contenido de sales del agua mayor es la conductividad eléctrica y por tanto mayor la intensidad que circula, lo que a su vez implica un mayor caudal. Por otra parte, se les pueden añadir aceites balsámicos a la salida del vapor (nunca en el agua) lo que los hace especialmente útiles para las situaciones de corta duración por motivos patológicos dificultades puntuales respiratorias, mucosidades de difícil expulsión, y muy especialmente cuando esto es con niños pequeños.

Los humidificadores por evaporación generan un caudal menor, no regulable y deben funcionar sólo con agua destilada. Su funcionamiento es mediante una mecha que se mantiene húmeda por capilaridad y que a su vez es calentada mediante un calefactor eléctrico. Si el agua contiene sales, la mecha se obtura con relativa facilidad. Pueden usarse con aceites balsámicos a la salida del vapor, pero su eficiencia en esto es muy inferior a la de los electrodos. Es el tipo menos usado. La Tabla 2.1 muestra las especificaciones técnicas del humidificador Neo-Tec:

Característica	Valor
Fuente de alimentación	110-120V, 50-60Hz
Consumo de energía	30W
Capacidad	75 ml/h
Dimensiones	240mm x 112mm x 160mm
Peso	1.520g

Tabla 2.1. Especificaciones técnicas humidificador Neo-TEC

2.1.2. DESHUMIDIFICADOR SOLEUS AIR 25 PINT

Consiste en una bomba de calor para proporcionar una zona fría donde condensar la humedad y una zona caliente para recuperar la temperatura ambiental. Su funcionamiento consiste en pasar una corriente de aire por el EVAPORADOR (zona fría), el cual está a una temperatura por debajo de la temperatura de rocío, provocando que la humedad ambiental se condense y gotee a un depósito o un desagüe. Después de ser secado y enfriado el aire pasa por el CONDENSADOR (zona caliente), con lo que recupera la temperatura ambiental y disminuye aún más su humedad relativa.



Figura 2.3. Deshumidificador Soleus Air

A veces se puede producir hielo en la zona fría. En algunos aparatos, cuando detecta que la temperatura en la zona fría baja de 0 grados, se para la bomba de calor, pero se sigue moviendo el ventilador hasta que el hielo se derrita.

Podría parecer que el proceso no alteraría la temperatura ambiental o la disminuiría, pero resulta el efecto contrario. Debido a que el aire seco es más fácil de calentar y el proceso de condensar agua desprende calor debido al calor latente de vaporización la temperatura suele subir.

El deshumidificador se usa para reducir y controlar la humedad del ambiente, especialmente en el verano. No es para secar pisos ni otros artículos. También se usa en procesos industriales con aparatos de gran potencia. La Tabla 2.2 muestra las especificaciones técnicas del deshumidificador Soleus Air:

Característica	Valor
Fuente de alimentación	115V, 60Hz
Consumo de energía	210W
Capacidad del tanque de agua	6 litros (se apaga automáticamente a los 5.5 litros)
Dimensiones	14.5" x 10.25" x 21"
Peso	27.5 lbs

Tabla 2.2. Especificaciones técnicas deshumidificador Soleus Air

2.1.3. DATALOGGER MADGETECH RHTEMP101

Un *datalogger* (también registrador de datos o *data recorder*) es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en relación a la ubicación ya sea con un sistema incorporado en el instrumento o sensor, o por medio de instrumentos y sensores externos. Muchos de ellos, pero no todos, se basan en un procesador digital (o computador). Por lo general, son pequeñas, de baterías, portátiles, y están equipadas con un microprocesador, memoria interna para almacenamiento de datos y sensores. Algunos *dataloggers* se conectan a un ordenador personal y utilizan un software para activar el *datalogger* y ver y analizar los datos recogidos, mientras que otros tienen un dispositivo de

interfaz local (teclado, pantalla LCD) y puede ser utilizado como un dispositivo independiente.

Los *dataloggers* varían entre los tipos de uso general para una amplia gama de aplicaciones de medida a los dispositivos muy específicos para medir en un medio ambiente o algún tipo de aplicación solamente. Es común que para los tipos de propósito general sea programable, sin embargo, muchos siguen como máquinas estáticas con un número limitado de parámetros o parámetros que no se pueden cambiar. Los *dataloggers* electrónicos han reemplazado a los registradores de carta (*chart recorder*) en muchas aplicaciones.



Figura 2.4. Datalogger RHTEMP101

Uno de los principales beneficios del uso de los *dataloggers* es la capacidad de recopilar automáticamente datos las 24 horas del día. Tras la activación, los *dataloggers* son desconectados y dejados para medir y registrar la información por la duración del período de monitoreo. Esto permite una visión clara y precisa de las condiciones ambientales que se están monitoreando, tales como la temperatura del aire y la humedad relativa.

Este *datalogger* de humedad y temperatura provee un buen comportamiento, resolución y medidas con precisión. Su pequeño tamaño y sensores internos nos permiten su instalación en puntos de difícil alcance. La Tabla 2.3 muestra las especificaciones técnicas del *Datalogger*:

Característica	Valor
Sensor de Temperatura	Semiconductor Interno
Rango de Temperatura	-40 a +80°C

Resolución de Temperatura	0.1°C
Precisión Calibrada	±0.5°C
Sensor de Humedad	Semiconductor Interno
Rango de Humedad	0 a 95%RH
Resolución de Humedad	0.5% RH
Precisión Calibrada	±3.0%RH
Rango de Precisión especificado	+10 a +40°C; 10% a 80%RH
Memoria	21.845 lecturas por canal 43.690 lecturas en total
Rango de lectura	1 lectura cada 2 segundos a 1 cada 12 horas
Tipo de batería	3.6V batería de litio
Interfaz de computadora	PC serial, 2.400 baudios
Dimensiones	36mm x 56mm x 16mm
Peso	24g

Tabla 2.3. Especificaciones técnicas Datalogger Madgetech

2.1.4. Balanza de precisión Sartorius LA130S-F

La balanza electrónica analítica para filtros LA130S-F es una solución universal de empleo para la amplia gama de aplicaciones en el pesaje de filtros. En el plato de carga posicionado horizontalmente pueden pesarse filtros con precisión analítica, en todos los formatos comunes, hasta un tamaño de 203,4×254,0 mm.

La influencia que ejercen las cargas electrostáticas, producidas por la manipulación del filtro antes y durante el pesaje inicial o final, sobre el tiempo de respuesta y la exactitud de medición es anulada. Para esto, se emplea una balanza analítica de la serie *LA Reference* adaptada especialmente para tal tarea.



Figura 2.5. Balanza Sartorius LA130S-F

La Tabla 2.4 muestra las especificaciones de la balanza Sartorius LA130S-F:

Característica	Unidad	Valor
Rango de pesada	g	150
Legibilidad	g	0,0001
Rango de tara (substractivo)	g	-150
Repetibilidad	g	$\leq \pm 0,0002$
Desviación de linealidad	g	$\leq \pm 0,0002$
Tiempo de respuesta de medición	s	≤ 4
Adaptación a las condiciones de empleo e instalación		4 escalas optimizadas
Secuencia de indicación	s	0,1 – 0,4
Rango de temperatura ambiente permisible	K	283...303 (+10...+30°C)
Dimensiones plato de pesada	mm	208 x 264
Dimensiones de la balanza (ancho x prof x alto)	mm	364 x 381 x 198
Peso neto	Kg	8,1
Conexión de red		A través de adaptador de CA
Tensión conexión de red	V~	115
Frecuencia de red	Hz	48 – 60

Consumo eléctrico	VA	máx.: 16; típico: 9
Interfaz de datos incorporada		RS232C Formato: 7 bits ASCII, 1 bitio inicio, 1 o 2 bitios parada Paridad: impar, par o espacio Veloc. transmisión: 150...19200 baudios Handshake: software o hardware

Tabla 2.4. Especificaciones técnicas balanza Sartorius LA130S-F

2.1.5. BALANZA DE PRECISIÓN SARTORIUS SE2-F

Los modelos SE son balanzas de precisión de alta resolución para la determinación precisa de masas, con alcances de rango entre 0,001 mg y 610 g. Debido a sus características de prestación, se prestan en forma excelente como instrumento de control en los sistemas de gestión de la calidad:



Figura 2.6. Balanza Sartorius SE2-F

La Tabla 2.5 muestra las especificaciones técnicas de la balanza Sartorius SE2-F:

Característica	Unidad	Valor
Rango de pesada	g	2,1
Legibilidad	µg	0,1
Rango de tara (substractivo)	g	-2,1
Repetibilidad	µg	≤ ±0,25
Desviación de linealidad	µg	≤ ±0,9

Tiempo de respuesta de medición	s	≤ 10
Adaptación a las condiciones de empleo e instalación		4 escalas optimizadas
Secuencia de indicación	s	0,2 – 0,4
Rango de temperatura ambiente permisible	K	283...303 (+10...+30°C)
Dimensiones plato de pesada	mm	$\varnothing 20$
Dimensiones de la balanza - Cabina de pesado - Unidad de visualización y control	mm mm	122 x 316 x 122 254 x 320 x 106
Peso neto - Cabina de pesado - Unidad de visualización y control	kg kg	4,3 3,5
Conexión de red		A través de adaptador de CA
Tensión conexión de red	V~	115
Frecuencia de red	Hz	50 – 60
Consumo eléctrico	W	7
Interfaz de datos incorporada		RS232 (opcional RS485) Formato: 7/8 bits ASCII, 1 bitio inicio, 1 o 2 bitios parada Paridad: impar, par o espacio Veloc. transmisión: 150...19200 baudios Handshake: software o hardware

Tabla 2.5. Especificaciones técnicas balanza Sartorius SE2-F

2.2. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN SERIAL DE LA INTERFAZ DE ADQUISICIÓN DE DATOS

A continuación, se indican los parámetros y protocolos de comunicación serial que utilizan cada uno de los equipos que van a ser conectados al computador, y su correcta configuración para una comunicación óptima.

2.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA BALANZA LA130S-F

La Tabla 2.6 muestra las especificaciones de la interfaz de datos de la balanza Sartorius LA130S-F:

Característica	Valor
Tipo de interfaz	Interfaz serial
Funcionamiento	Dúplex total
Nivel	RS 232
Conector	D-SUB hembra de 25 pines
Velocidad de transmisión	150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 y 19200 baudios
Paridad	Par, impar, ninguna
Sincronización	Bit de inicio, 7/8-bit ASCII, paridad, 1 o 2 bits de parada
Handshake	En interfaz bifilar: software (XON/XOFF); En interfaz tetrafilar: hardware (CTS/DTR)
Formato de salida de balanza	16 caracteres, 22 caracteres

Tabla 2.6. Especificaciones técnicas balanza Sartorius LA130S-F

Los parámetros de comunicación serial, para la balanza LA130S-F deben estar configurados de la siguiente manera:

Característica	Valor
Puerto	Com7
Paridad	Odd

Bits de parada	1
Bits de datos	7
Tasa de baudios	2400
Timeout	10 seg
Control de flujo	Ninguno

Tabla 2.7. Parámetros balanza LA130S-F

2.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA BALANZA SE2-F

La Tabla 2.7 muestra las especificaciones de la interfaz de datos de la balanza Sartorius SE2-F:

Característica	Valor
Tipo de interfaz	Interfaz serial
Funcionamiento	Dúplex total
Nivel	RS 232 (opcional RS 485)
Conector	D-SUB hembra de 25 pines Opcional: conector hembra redondo de 12 pines Opcional: D-SUB hembra de 9 pines (cada uno de los conectores opcionales con un conector hembra DIN de 5 pines respectivamente)
Velocidad de transmisión	150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 y 19200 baudios
Paridad	Par, impar, ninguna
Sincronización	Bit de inicio, 7/8-bit ASCII, paridad, 1 o 2 bits de parada
Handshake	En interfaz bifilar: software (XON/XOFF); En interfaz tetrafilar: hardware (CTS/DTR)
Formato de salida de balanza	16 caracteres, 22 caracteres

Tabla 2.8. Especificaciones técnicas balanza Sartorius SE2-F

Los parámetros de comunicación serial, para la balanza SE2-F deben estar configurados de la siguiente manera:

Característica	Valor
Puerto	Com8
Paridad	Odd
Bits de parada	1
Bits de datos	8
Tasa de baudios	2400
Timeout	10 seg
Control de flujo	Ninguno

Tabla 2.9. Parámetros balanza SE2-F

2.2.3. INTERFAZ DE COMUNICACIÓN SERIAL PARA LAS BALANZAS

Las dos balanzas de precisión, poseen un puerto de comunicación DB-25, para la comunicación con una computadora.

De acuerdo al manual de las balanzas Sartorius, tanto para el modelo LA130S-F como para el modelo SE2-F, la configuración de los pines de los conectores debe ser el que se muestra en la Figura 2.7, para crea un cable conector de DB-25 a DB-9.

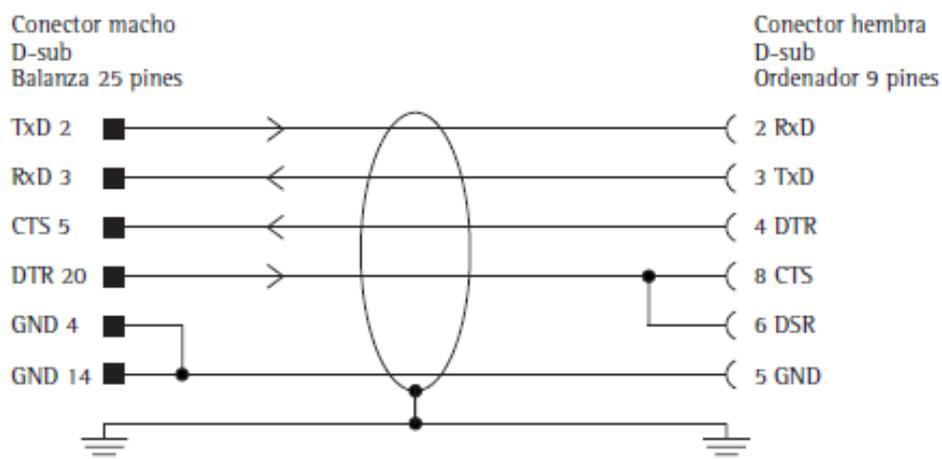


Figura 2.7. Diagrama de conexión de las balanzas

2.2.4. CONFIGURACIÓN DEL *DATALOGGER*

Los parámetros de comunicación serial, para el *Datalogger* deben estar configurados de la siguiente manera:

Característica	Valor
Puerto	Com5
Paridad	Ninguna
Bits de parada	2
Bits de datos	8
Tasa de baudios	2400
Timeout	10 seg
Control de flujo	Ninguno

Tabla 2.10. Parámetros *Datalogger*

2.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

La tarjeta de adquisición de datos será la encargada de enviar las señales de control hacia el circuito que maneje el encendido y apagado automático del humidificador, del deshumidificador, así como también de las luces piloto.

Ya que el programa será realizado en el *software* LABVIEW de *National Instruments*, la tarjeta de adquisición de datos también será de marca *National Instruments* por facilidad en la programación y compatibilidad.

De acuerdo a las necesidades, la tarjeta de adquisición de datos no tiene que ser muy grande, es decir, no necesitamos muchas salidas digitales ni analógicas. Así también, se toma en cuenta que la computadora en la que se va a instalar el HMI, es una computadora “todo en uno” HP, es decir, una computadora que viene con todo integrado (monitor, lector CD/DVD, webcam, lector de tarjetas de memoria, disco duro, etc.), se debe optar por una tarjeta de adquisición de datos con comunicación USB.

Con esto escogemos la gama “Básica” de las tarjetas de adquisición de *National Instruments*. En esta gama, se encuentran las tarjetas que podrían denominarse pequeñas, ya que las características que manejan son las siguientes:

- E/S analógica y digital básica
- Hasta 8 entradas analógicas, resolución de 12 a 14 bits
- Hasta 2 salidas analógicas, hasta 12 líneas de E/S

Además, los dispositivos DAQ (*data acquisition*) multifunción de la Serie X y la Serie M incluyen tecnología *NI Signal Streaming* patentada, la cual permite transferencias de datos bidireccionales de alta velocidad por USB.

Dentro de esta gama, existen dos tipos de tarjeta de adquisición de datos. Estas son:

- NI USB-6008 (DAQ Multifunción de Bajo Costo de 12 Bits, 10 kS/s)
- NI USB-6009 (DAQ Multifunción de Bajo Costo de 14 Bits, 48 kS/s)

De estos dos tipos de tarjeta de adquisición de datos, se procede a seleccionar la NI USB-6008, ya que solo se van a utilizar las salidas digitales de la tarjeta, y los bits de resolución de las entradas y salidas analógicas son irrelevantes.

2.3.1. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS NI USB-6008

La tarjeta NI USB-6008, provee conexión a ocho canales de entrada analógica (AI), dos canales de salida analógica (AO), 12 canales de entrada/salida digital y un contador de 32-bits, con una interfaz de alta velocidad USB.

A continuación se muestra la imagen frontal de la tarjeta de adquisición de datos:



Figura 2.8. Tarjeta NI USB-6008

2.3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La siguiente tabla muestra las especificaciones técnicas de la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008:

Característica	Valor
Modelo	NI USB-6008
Sistema operativo	Linux, Mac OS, Pocket PC, Windows
Entradas Analógicas	8
Salidas Analógicas	2
Resolución E/S Analógicas	12
Entradas/Salidas Digitales	12
Niveles lógicos	TTL
Capacidad de corriente simple	8.5 mA
Capacidad de corriente total	102 mA
Máximo rango de entrada	0V, 5V
Máximo rango de salida	0V, 5V
Longitud	8.51 cm
Ancho	8.18 cm

Altura	2.31 cm
---------------	---------

Tabla 2.11. Especificaciones técnicas tarjeta NI USB-6008

La Figura 2.9 muestra las dimensiones de la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008 tanto en centímetros como en pulgadas.

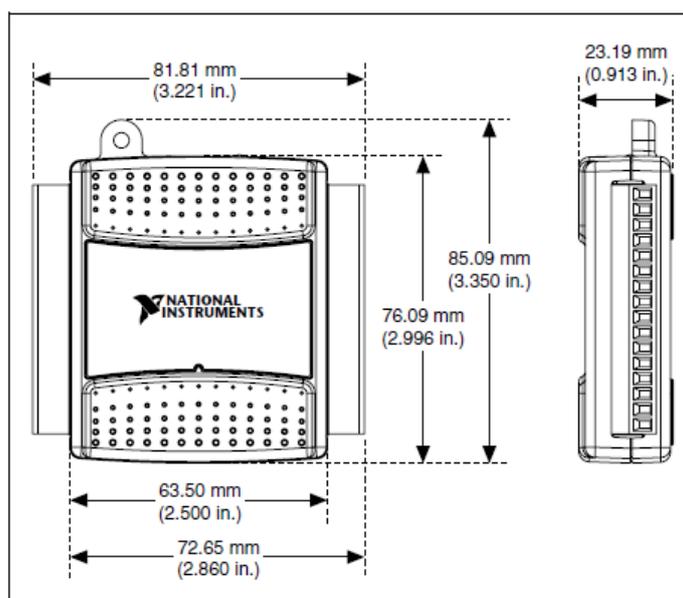


Figura 2.9. Dimensiones tarjeta NI-USB 6008 en milímetros (pulgadas)

2.3.3. INSTALACIÓN DEL DISPOSITIVO NI USB-6008

Para el correcto funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos, la instalación se debe realizar en dos partes, primero se debe instalar el *software* del dispositivo incluyendo el driver, y luego la parte de *hardware*, es decir, la conexión propia de la tarjeta de adquisición a la computadora.

El CD de instalación que incluye la tarjeta de adquisición, es compatible con los sistemas operativos de Windows, si se desea instalar la tarjeta bajo un sistema operativo diferente, se debe descargar el software desde la página de la *National Instruments*.

- **Instalación del *Software***

El *software* que soporta la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008 para Windows Vista/XP/2000 es proporcionado por NI-DAQmx.

Primero se inserta los discos de NI-DAQmx que acompañan a la tarjeta DAQ USB 6008 en la computadora. Se debe seguir los pasos de instalación para los controladores de la tarjeta y del programa.

Cuando haya finalizado, se conecta la tarjeta DAQ al cable USB y este a algún puerto USB de la computadora. Aparecerá un globo de diálogo en la barra de tareas como el siguiente:



Figura 2.10. Reconocimiento de tarjeta en el puerto USB

Posteriormente aparecerá el asistente de instalación de hardware nuevo. Se debe seleccionar la opción que evita que busque en *Windows Update* el controlador de la tarjeta y se presiona el botón de “siguiente”:



Figura 2.11. Instalación de la tarjeta de adquisición de datos

Luego aparecerá la ventana de ubicación de driver. En este caso se selecciona instalar el programa automáticamente y se da clic en “Siguiente”:



Figura 2.12. Instalación de la tarjeta de adquisición de datos

Aparecerá una ventana indicando que la instalación se está llevando a cabo y luego confirmará que la instalación ha sido exitosa:



Figura 2.13. Instalación de la tarjeta de adquisición de datos

- **Instalación del *hardware***

Luego de haber instalado el *software*, se procede a la instalación y conexión de la tarjeta de adquisición de datos y sus partes. En la Figura 2.14 se muestra los principales componentes funcionales de la tarjeta NI USB-6008.

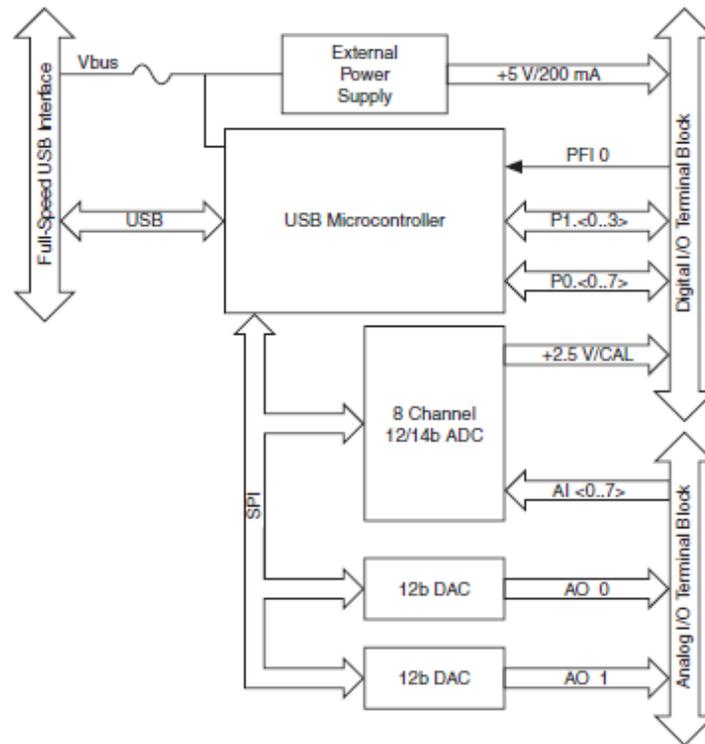


Figura 2.14. Diagrama de bloques de la tarjeta NI USB-6008

Para configurar el dispositivo NI USB-6008, debemos seguir los siguientes pasos:

1. Se debe instalar los bloques de terminales COMBICON insertándolos en el jack COMBICON.
2. La Figura 2.15, muestra la etiqueta de señales que incluye el kit NI USB-6008/6009. Se pueden aplicar estas etiquetas al bloque de terminales de destornilladores para una fácil identificación de las señales.

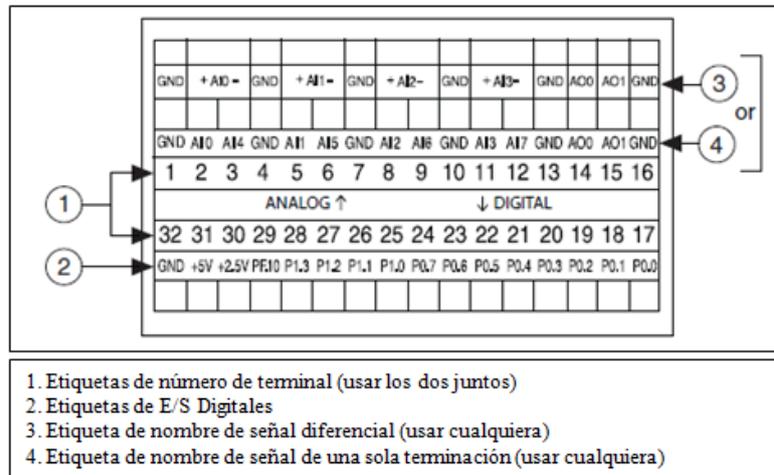


Figura 2.15. Etiquetas de señales de la tarjeta NI-USB 6008

3. En la Tabla 2.13 y en las Figuras 2.15 y 2.16 se muestra la orientación de las etiquetas de señales.

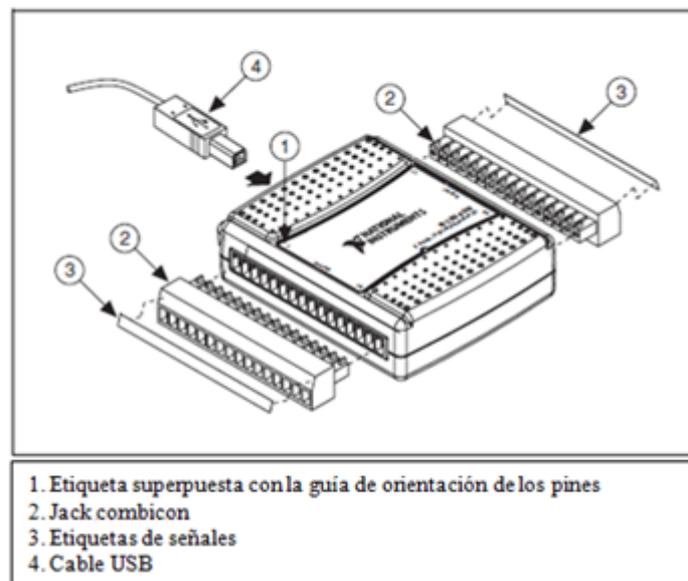


Figura 2.16. Diagrama de aplicación de las etiquetas de señales

4. Se deben conectar los cables a los terminales de destornilladores correspondientes.
5. Finalmente se conecta el terminal USB tipo B del cable en la tarjeta NI USB-6008 y el terminal USB tipo A en el puerto USB de la computadora.

El indicador LED muestra el estado del dispositivo, como se indica en la Tabla 2.12. Cuando el dispositivo está conectado a un puerto USB, el LED parpadea

constantemente para indicar que el dispositivo se inicia y está recibiendo energía de la conexión.

Si el LED no parpadea, puede significar que el dispositivo no se ha inicializado o el ordenador está en modo de espera. Para que el dispositivo sea reconocido, el dispositivo debe estar conectado a un equipo que tiene NI-DAQmx instalado en él. Si el dispositivo no parpadea, se debe asegurar de que el equipo tiene la última versión de NI-DAQmx instalado en él, y el equipo no está en modo de espera.

Estado del LED	Estado del dispositivo
No se enciende	Dispositivo no está conectado o en suspensión
No parpadea	Dispositivo conectado
Un solo parpadeo	Funciona con normalidad

Tabla 2.12. Estado del LED y del dispositivo

2.3.4. CONEXIONES DE ENTRADA/SALIDA

La tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008 cuenta con un bloque desmontable de terminales con tornillo para señales analógicas y un bloque desmontable de terminales con tornillo para señales digitales.

Estos bloques terminales proporcionan 16 conexiones que usan cable 16 AWG a 28 AWG.

En la Tabla 2.13 se listan la asignación de terminales analógicos y en la Tabla 2.14 la asignación de terminales digitales.

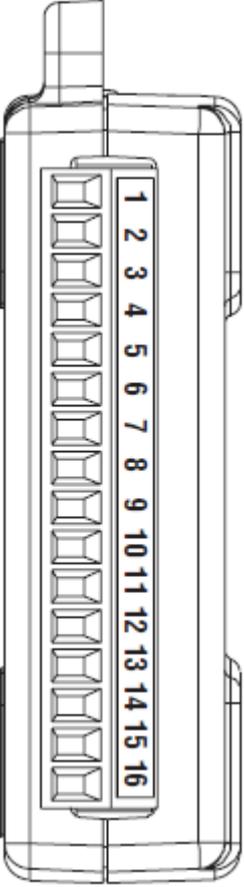
Módulo	Terminal	Modo de una sola terminación	Modo diferencial
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Tabla 2.13. Asignación de terminales analógicos

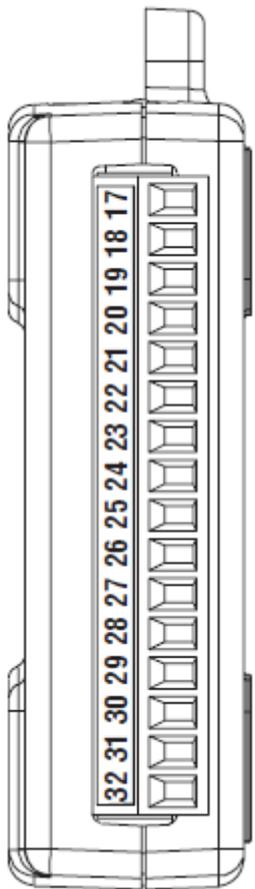
Módulo	Terminal	Señal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5V
	31	+5V
	32	GND

Tabla 2.14. Asignación de terminales análogos

2.3.5. ENTRADAS/SALIDAS DIGITALES

La tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008 posee 12 líneas digitales P0.<0..7> y P1.<0..3>, las cuales comprenden el puerto de entradas y salidas digitales. GND es la señal de referencia de tierra para el puerto de entradas y salidas digitales. Estas líneas se pueden programar individualmente como entradas o como salidas.

2.4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE HUMEDAD

Para la automatización de la sala de balanzas, se va a controlar automáticamente el encendido y apagado del humidificador, del deshumidificador, así como también de las luces piloto.

Por lo que vamos a usar únicamente 4 salidas digitales de la tarjeta de adquisición de datos las cuales serán las encargadas del control automático como indica la Tabla 2.15.

Señal de la tarjeta	Dispositivo a controlar
P0.0	Deshumidificador
P0.1	Humidificador
P0.2	Luz piloto verde
P0.3	Luz piloto roja

Tabla 2.15. Señales de la tarjeta de adquisición de datos

El deshumidificador funciona con un botón de ON/OFF, es decir, el mismo enciende y apaga el equipo. El humidificador tiene una perilla que apaga, enciende y regula la cantidad de agua evaporada que sale del mismo. Las luces piloto funcionan a 110 V.

Al analizar el comportamiento de los dispositivos a controlar, se llega a la conclusión que para activar el humidificador solo se necesita un pulso, mientras que para activar el deshumidificador y las luces piloto necesitamos activarlas con los 110 V directamente.

2.4.1. ACTIVACIÓN DEL DESHUMIDIFICADOR

Como se dijo anteriormente, para encender y/o apagar el deshumidificador solamente se necesita un pulso.

El botón de encendido/apagado del deshumidificador es simplemente un pulsador normalmente abierto, y su función es la de permitir el paso de la corriente mientras es accionado. Esta misma función se puede realizar con un par de cables que cierren el circuito para permitir el paso de la corriente, y de esta manera encender o apagar el deshumidificador.

Paralelamente al pulsador de encendido/apagado del deshumidificador, se colocan un par de cables que harán la función de un pulsador cuando se desee activar o desactivar este dispositivo. Estos cables deberán cerrar el circuito cuando la tarjeta de adquisición de datos envíe la señal que indique que se desea encender o apagar el deshumidificador, haciendo la función de un interruptor.

La Figura 2.17, muestra el circuito de control y de potencia del deshumidificador.

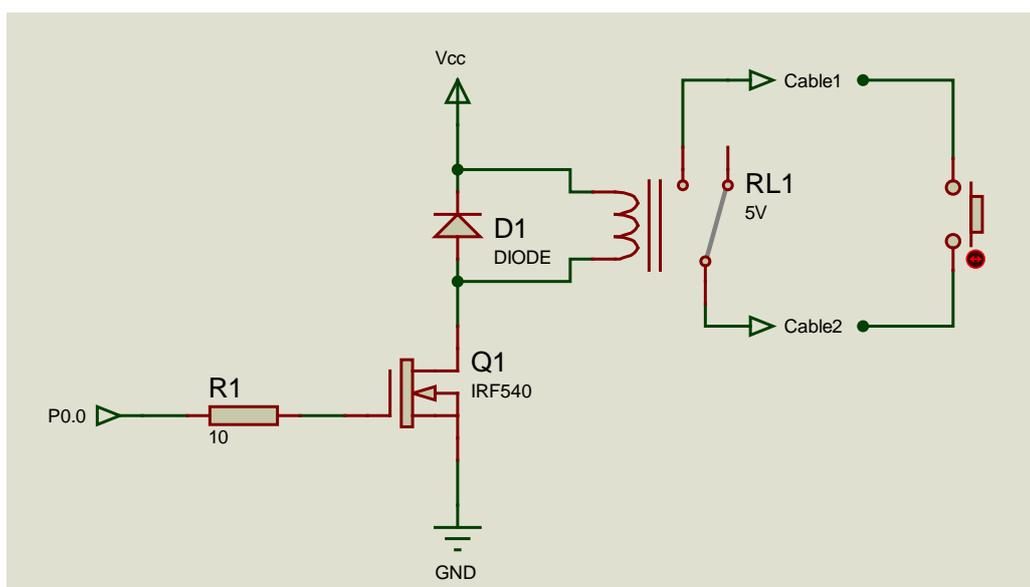


Figura 2.17. Circuito del deshumidificador

La corriente de salida de la tarjeta de adquisición de datos, al ser de 8.5 mA, es muy baja para activar el relé. Por esto es necesario utilizar un circuito de potencia, en especial uno que no depende de una corriente elevada para funcionar.

Para esto debemos utilizar un circuito de potencia basado en un MOSFET, ya que los MOSFET son dispositivos controlados por voltaje, que requieren solo de una pequeña corriente de entrada. La velocidad de conmutación es muy alta siendo los tiempos de conmutación del orden de los nanosegundos.

La señal de control enviada desde la tarjeta de adquisición de datos pasa por una resistencia muy baja, que disminuye los efectos capacitivos e inductivos en el *GATE* del MOSFET. Esta señal activa el *DRAIN* del MOSFET, en el cual se encuentra conectada la bobina del relé en paralelo con un diodo rectificador, y estos a una fuente de 5 V.

Uno de los problemas al conmutar inductancias, es la aparición de sobretensiones en el circuito de alimentación y en el interruptor de control en el momento en que se interrumpe el paso de la corriente. Esta sobretensión puede llegar a destruir el elemento de control y otros componentes que estén conectados a la alimentación. Para resolver este problema se debe conectar un diodo en paralelo con la bobina del relé, de tal manera que en el momento que se abre el interruptor la corriente no se interrumpe en la bobina de forma brusca y circula a través del diodo.

En el común del relé se conecta un cable de los dos que se colocaron en paralelo con el interruptor de encendido/apagado del deshumidificador, y en el normalmente cerrado del relé el otro cable. De esta manera se está simulando el pulso del botón de encendido/apagado del deshumidificador, al enviar una señal de control que indique que se debe encender o desactivar dicho dispositivo.

2.4.2. ACTIVACIÓN DEL HUMIDIFICADOR Y DE LAS LUCES PILOTO

El humidificador y las dos luces piloto funcionan a 110 V, por lo que se deberá realizar el encendido y apagado de los mismos tomando en cuenta una fuente de 110 V.

La Figura 2.18 muestra el circuito de control y de potencia del humidificador y de las luces piloto.

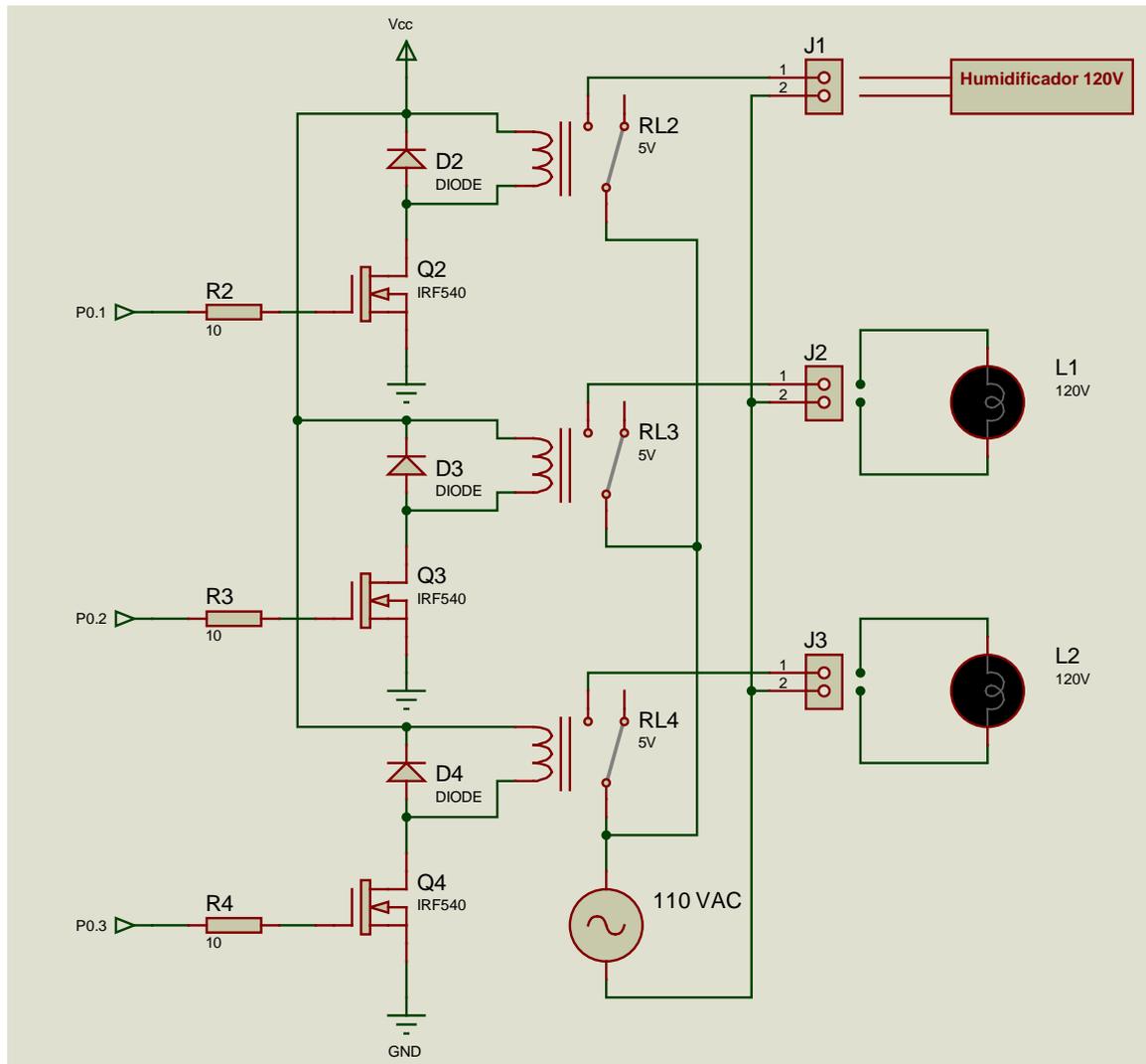


Figura 2.18. Circuito del humidificador y luces piloto

La etapa de potencia para manejar las tres señales de control, es la misma que se utilizó para manejar la señal del deshumidificador.

La variación está en que al común de los tres relés se conecta la fase de la fuente de 110 V, y las tierras del humidificador y de las luces piloto se cortocircuitan con el neutro.

De esta manera, si se activa una de las tres señales de control, activará el circuito de potencia que permitirá el paso de corriente hacia el terminal de la fase del humidificador o de las luces piloto respectivamente.

2.4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LOS CIRCUITOS

Luego de haber diseñado los circuitos de potencia, se procederá a crear la placa sobre la cual deben ir montados los elementos para armar dichos circuitos.

Para esto, se utiliza el programa *PCB Wizard*, el cual nos ayuda a diseñar un circuito impreso a partir de un circuito esquemático.

La Figura 2.19, muestra el circuito esquemático diseñado en el *software PCB Wizard*, con el cual vamos a partir para crear el circuito impreso final, sobre el cual irán montados los elementos electrónicos.

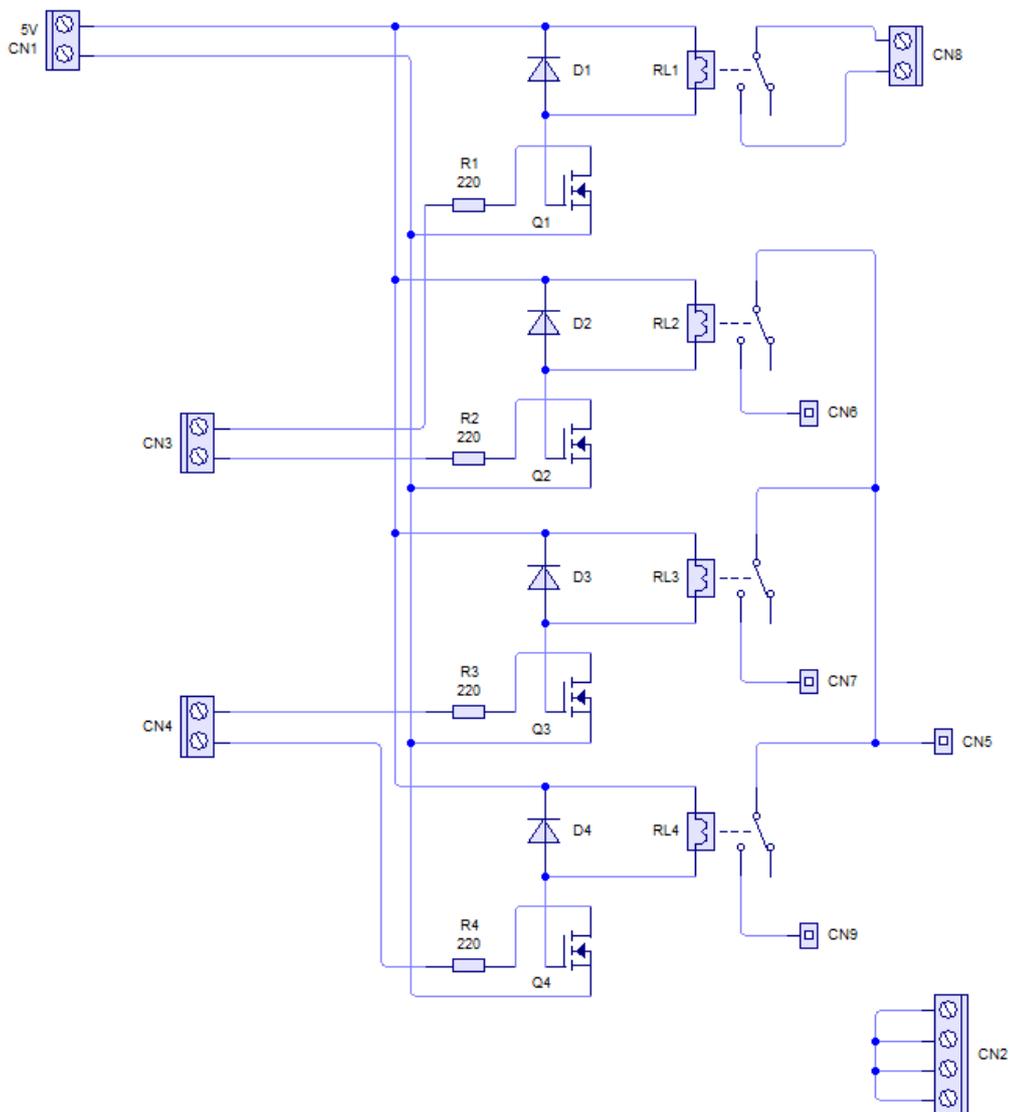


Figura 2.19. Circuito esquemático en PCB Wizard

Luego de haber finalizado el circuito esquemático, procedemos a diseñar la placa del circuito impreso. El *software PCB Wizard*, nos da la facilidad de crear automáticamente las rutas o conexiones del circuito. Las Figuras 2.20, 2.21 y 2.22, muestran el resultado del ruteo automático del circuito.

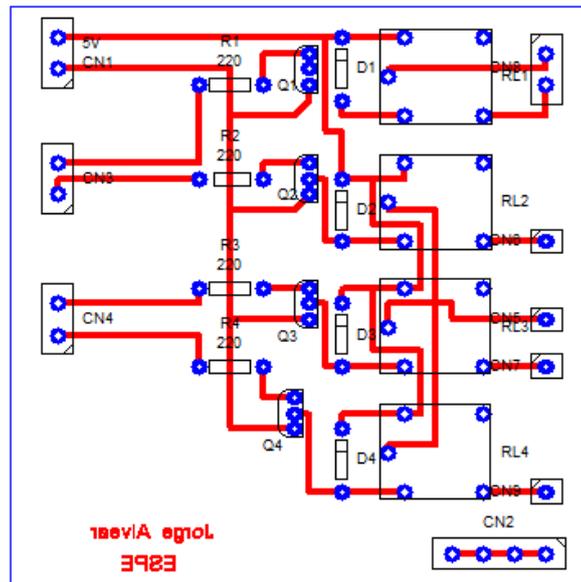


Figura 2.20. Circuito impreso en *PCB Wizard*

La Figura 2.21, muestra el circuito que nosotros debemos utilizar para crear la placa. Este circuito se debe imprimir en una lámina termo transferible, que nos permite pasar el circuito de la lámina a la baquelita.

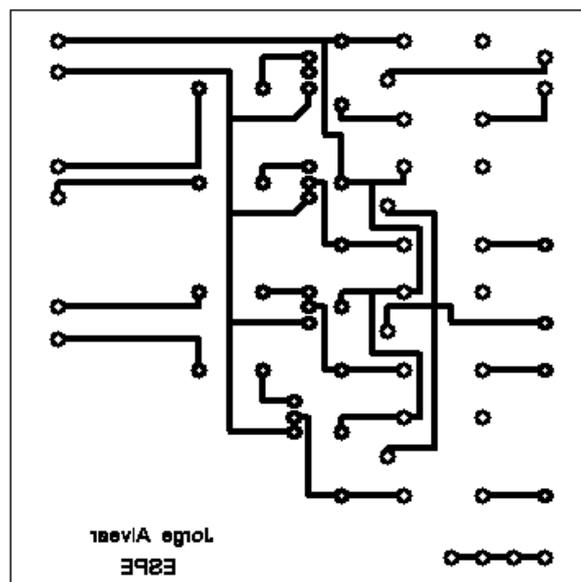


Figura 2.21. Circuito impreso en *PCB Wizard*

La Figura 2.22, muestra un grafico aproximado de cómo quedaría nuestra placa luego de proceder a soldar los elementos electrónicos.

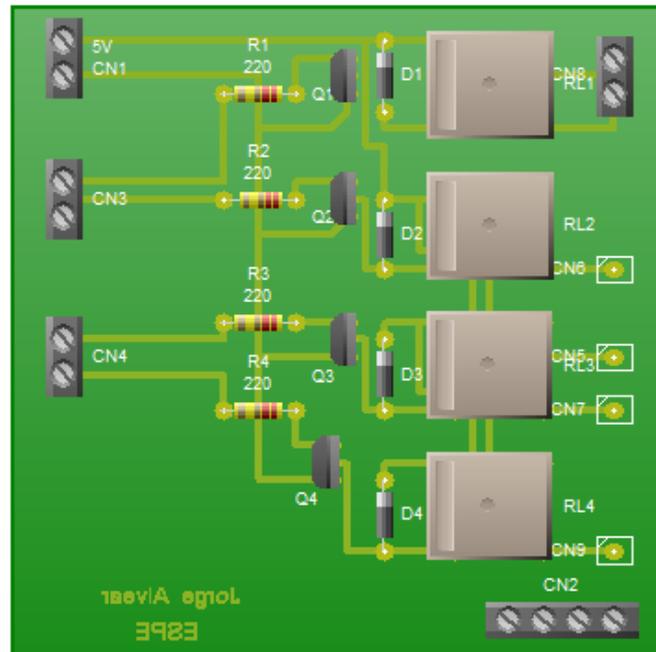


Figura 2.22. Circuito impreso en PCB Wizard

Finalmente, la Figura 2.23, muestra la placa ya terminada, con los elementos electrónicos ya soldados y lista para ser conectada a la tarjeta de adquisición de datos, como al deshumidificador, humidificador y luces piloto.

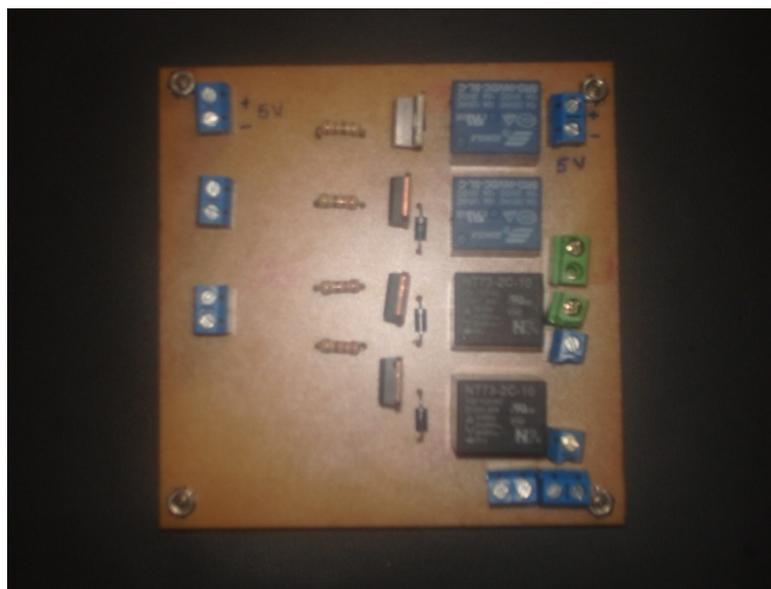


Figura 2.23. Placa finalizada

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE SOFTWARE

3.1. HMI PRINCIPAL

El programa consta de 2 partes, la primera en la que cualquier persona puede monitorear la temperatura y humedad de la sala de balanzas, y la segunda en la que el operador designado para realizar el pesaje de los filtros, ingresa mediante una clave de acceso. La Figura 3.1 muestra el diagrama de flujos de la parte inicial del programa principal.

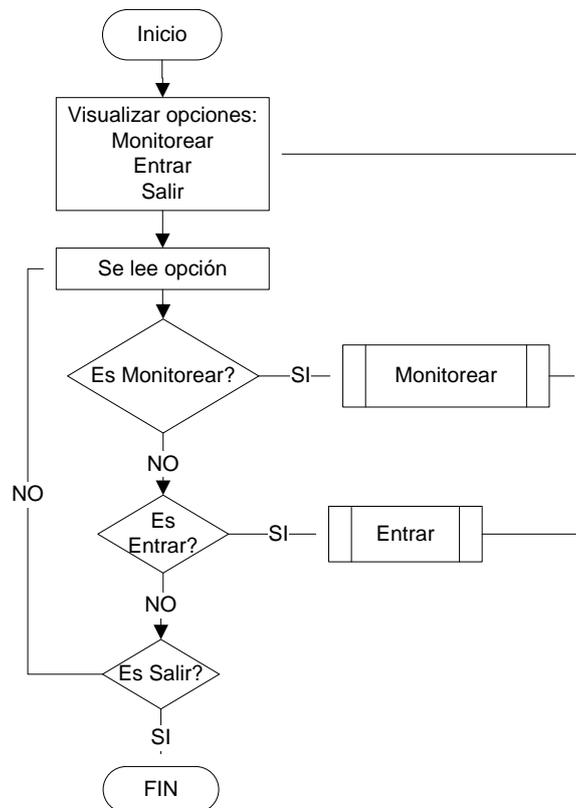


Figura 3.1. Diagrama de bloques Principal

La primera acción que se ejecuta al ejecutar el programa, es visualizar el panel frontal mostrado en la Figura 3.2, en donde se tienen los botones de MONITOREAR, ENTRAR y SALIR.



Figura 3.2. Panel frontal Principal.vi

El diagrama de bloques del VI Principal, a penas se ejecuta, está indicado en la Figura 3.3. Aquí se puede observar que se combina una estructura *While Loop* con una estructura *Event Structure* para que el programa sea capaz de responder a un sinnúmero de eventos de la interfaz de usuario. Como muestra el panel frontal, los eventos programados en esta estructura *Event* son: Monitorear, Entrar y Salir, los cuales serán detallados a continuación.

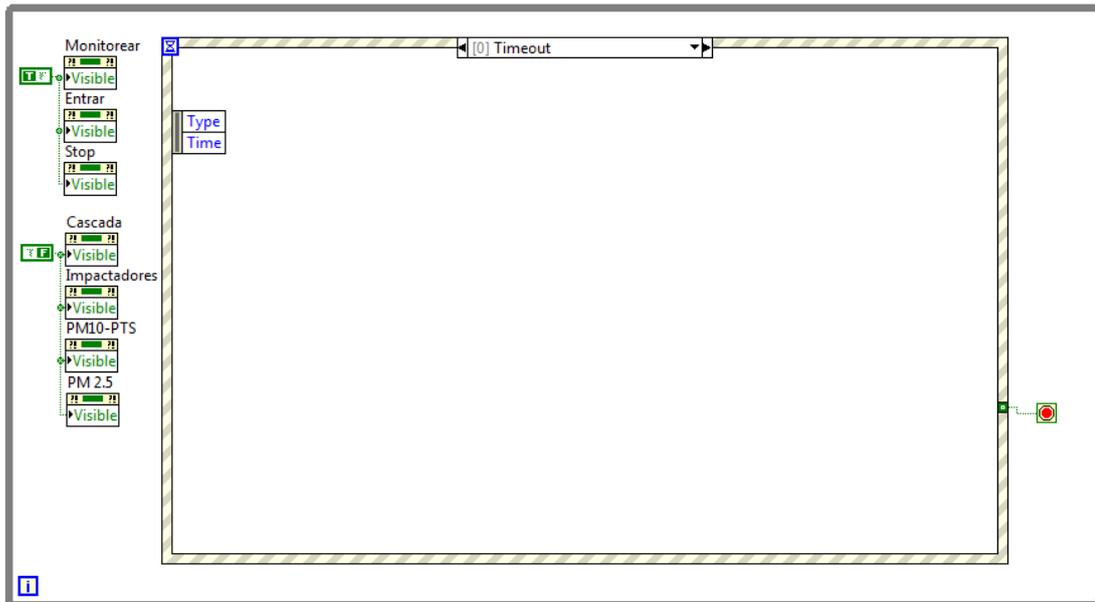


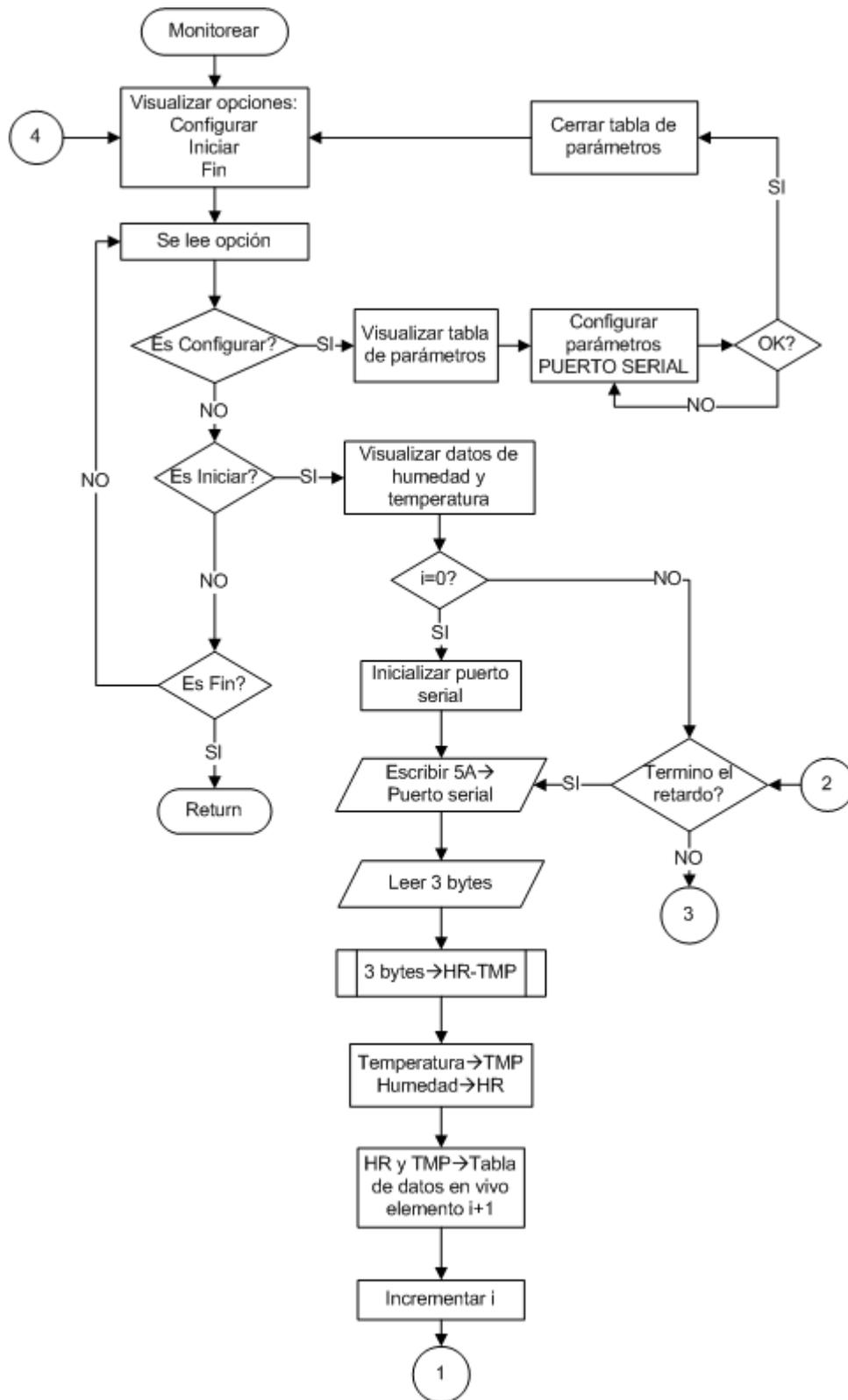
Figura 3.3. Diagrama de bloques Principal.vi

El programa permanece en el panel frontal, esperando la opción para ejecutar la siguiente tarea.

3.2. MONITOREO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

La primera parte del programa, como se dijo con anterioridad, solo permite al usuario visualizar la temperatura y humedad en la que se encuentra la sala de balanzas.

Del diagrama de flujo Principal, al seleccionar la opción MONITOREAR se ejecuta el evento del mismo nombre en la cual se encuentra el sub-vi hum-temp.vi, como la muestra la Figura 3.4; dicho sub-vi presenta los datos de temperatura y humedad obtenidos a través del *Datalogger*.



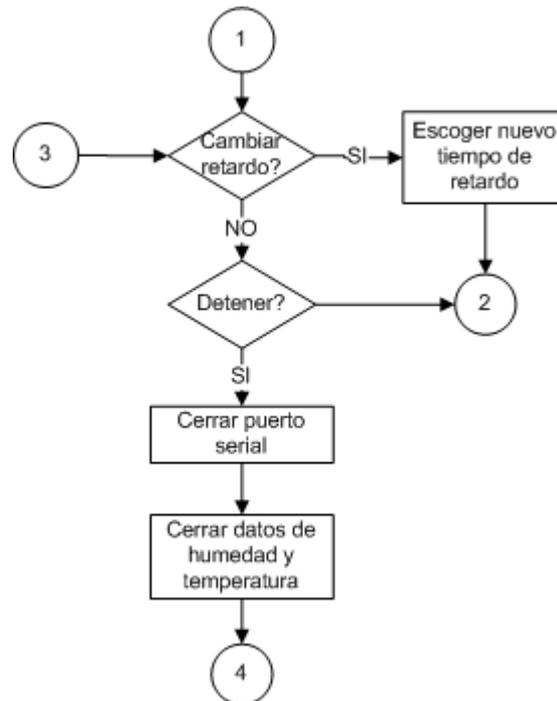


Figura 3.4. Evento MONITOREAR

Luego de presionar el botón MONITOREAR, aparece un nuevo menú con las opciones CONFIGURAR, INICIAR y FINALIZAR, como se indica en la Figura 3.5.



Figura 3.5. Panel frontal hum-temp.vi

Este menú se despliega esperando a que se presione uno de estos tres botones. Para regresar al menú principal debemos presionar sobre el botón FINALIZAR.

Cuando presionamos el botón CONFIGURAR, se muestran los parámetros del puerto serial a configurar, como se muestra en la Figura 3.6.

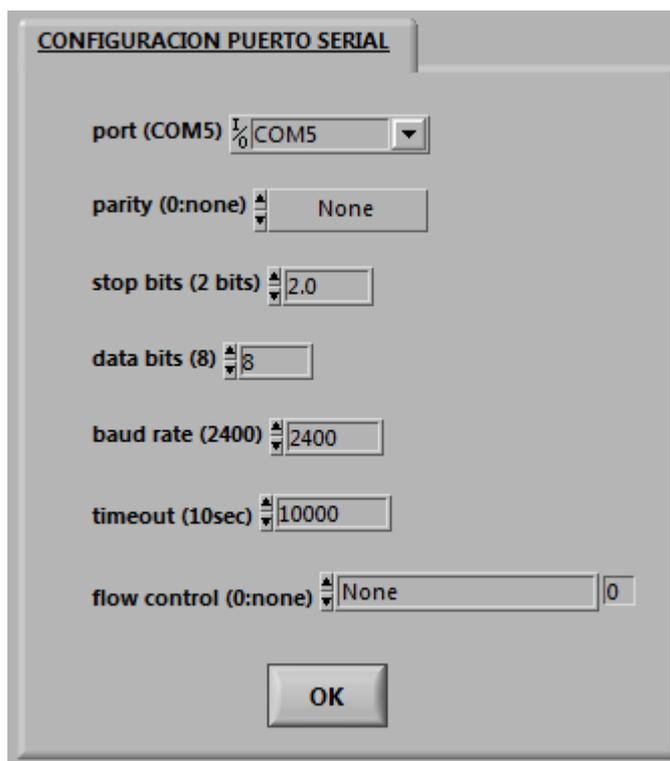


Figura 3.6. Configuración Puerto Serial DataLogger

Los parámetros más importantes a tomar en cuenta en la configuración son el puerto (*port*), los bits de datos (*data bits*) y la tasa de baudios (*baud rate*) que permiten leer de manera adecuado los datos de temperatura y humedad que registra el *Datalogger*.

Se procede a configurar los parámetros y cuando la configuración está correcta, presionamos el botón OK, el cual nos regresa al panel frontal, en donde podemos presionar el botón de INICIAR para visualizar los datos, sabiendo que hemos configurado de manera adecuada el puerto serial y que no van a existir errores.

Cuando se inicia el programa, el contador *i* está en cero. Vamos a utilizar este índice *i* para crear la tabla de datos en vivo, ya que cada vez que se lea un dato del puerto serial, se irá agregando una nueva fila en la tabla. El programa leerá el dato instantáneo de humedad y temperatura de acuerdo a un intervalo de tiempo que es definido por el operador.

Si es la primera iteración del programa, se inicializa el puerto serial de acuerdo a los parámetros configurados. En este punto cabe mencionar que los parámetros por defecto, con los cuales funciona de manera correcta el puerto serial, se encuentran

anotados entre paréntesis al lado del nombre de cada opción, para que el operador pueda corregir algún error que se pudiera presentar. Si no es la primera iteración, se produce el retardo de acuerdo al tiempo definido.

Se escribe el valor 5A hexadecimal en el puerto serial, y se leen 3 bytes del mismo. Estos 3 bytes se envían al sub-vi llamado “3 byte a HR-TMP.vi”. Este sub-vi es el que se encarga de transformar la palabra de 3 bytes en datos de temperatura y humedad. Estos valores de humedad y temperatura se almacenan tanto como números flotantes y como cadenas.

Para crear la tabla de datos en vivo, se utilizará los datos de humedad y temperatura obtenidas como cadenas, mientras que los números flotantes se envían a los medidores llamados TEMPERATURA °C y HUMEDAD RELATIVA %. Las cadenas de temperatura y humedad relativa se presentan en la tabla junto a la hora y la fecha del equipo, de acuerdo al índice $i+1$, es decir, en la primera iteración el índice i es igual a cero pero se presenta en la fila uno de la tabla de datos en vivo, y así irán aumentando los datos, ya que antes del retardo, se incrementa el valor de i en uno para la siguiente iteración.

Al terminar de escribir el dato en la tabla, el programa espera un tiempo de retardo para leer el siguiente dato. Mientras transcurre el tiempo de retardo, se puede cambiar el mismo o finalizar el monitoreo de humedad y temperatura. Si se desea cambiar el tiempo de retardo, se han predefinido 6 opciones tal como se indica en la Tabla 3.1.

Menú	Opción Case	Tiempo retardo (segundos)
30 segundos	0	30
1 minuto	1	60
5 minutos	2	300
10 minutos	3	600
30 minutos	4	1800
1 hora	5	3600

Tabla 3.1. Valores del tiempo de retardo

Luego de haber cambiado el tiempo de retardo, el programa esperará ese tiempo para leer el siguiente dato. Si se presiona el botón de DETENER, se cierra el puerto serial, y volvemos al menú principal de la Figura 3.1.

La Figura 3.7 muestra la pantalla que despliega los datos de humedad y temperatura. En esta se puede escoger el intervalo de tiempo en el que se van a realizar la lectura y presentación de datos, que puede ser de 30 segundos, 1, 5, 10 o 30 minutos, o de 1 hora.



Figura 3.7. Visualización de Humedad y Temperatura

En la tabla Historial, se visualizan los datos de temperatura y humedad, que va registrando el *Datalogger* de acuerdo al intervalo de tiempo establecido. Estos datos se presentan en la tabla junto a la fecha y a la hora en la cual fueron registrados.

La Figura 3.8 muestra el diagrama de bloques de hum-temp.vi. Cuando se ejecuta este código, primero se inicializa el puerto serial con los parámetros que se configuraron previamente o los que se encuentran asignados por defecto.

Al ingresar al bucle *While*, luego de haberse inicializado el puerto serial, el menú Tiempo está conectado a una estructura *Case* que posee las opciones detalladas en la Tabla 3.1, y dependiendo de la opción seleccionada, envía el valor de segundos correspondientes a la función *Elapsed Time*.

A continuación de esto, se encuentra una estructura *Case*, con opciones *True* y *False*. Cuando se ejecuta por primera vez el código y cuando termina el tiempo de retardo, se envía *True* a la estructura *Case*, para esto se toma la señal de salida de la función *Elapsed Time*, que es *True* cuando el tiempo ha concluido. En la opción *False* de este *Case* no sucede nada.

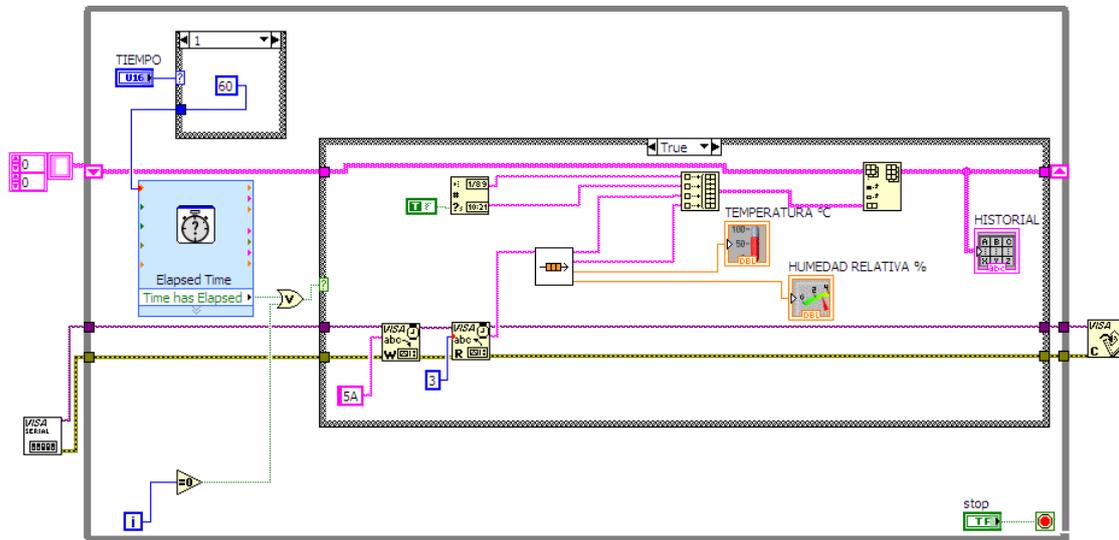


Figura 3.8. Diagrama de Bloques hum-temp.vi

Dentro de la estructura *Case*, en el caso *True*, se escribe la palabra 5A en hexadecimal en el puerto serial, luego se lee una palabra de 3 bytes y esta es enviada a un sub-vi que se encarga de convertirla en los datos de temperatura y humedad. La Figura 3.8 muestra el sub-vi, el cual posee una entrada de tipo *String* llamada Cadena Datos, que es la palabra de 3 bytes, y cuatro salidas, 2 tipo *String* y 2 tipo *Double*, que devuelve los valores de temperatura y humedad en los 2 tipos de datos anteriores, denominadas TMP y HR respectivamente. Los datos de tipo *String* son para crear la tabla Historial, y los tipo *Double* para presentar su valor instantáneo en los indicadores TEMPERATURA °C y HUMEDAD RELATIVA %. Para crear la tabla Historial se obtiene la fecha y hora de la maquina mediante la función *Get Data/Time String*. Se crea un arreglo con los datos de Fecha, Hora, Temperatura y Humedad, este arreglo va incrementando cada vez que la estructura *While* aumente su contador, para esto se utiliza los *Shift Registers*, y de esta manera con la función *Insert Into Array* construir el arreglo que se presentara de acuerdo al intervalo de tiempo especificado en la tabla Historial.

3.2.1. CONVERSIÓN DE LA PALABRA DE 3 BYTES A DATOS DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

Para convertir la palabra de 3 bytes, en datos de temperatura y humedad se realizó el siguiente procedimiento indicado en la Figura 3.9.

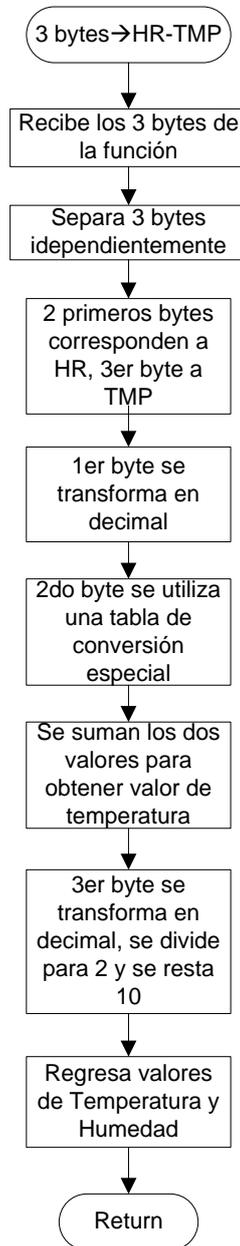


Figura 3.9. Diagrama de flujos 3byte a HR-TMP

Adicionalmente, en la Figura 3.10 muestra el sub-vi “3 byte a HR-TMP”.

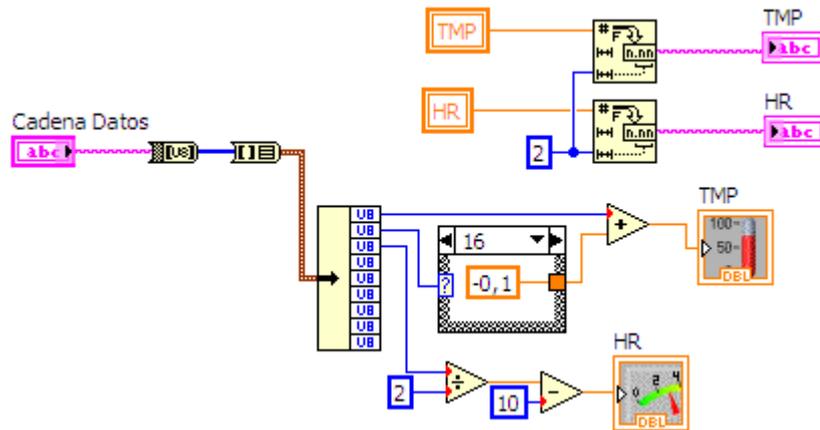


Figura 3.10. Sub-vi 3byte a HR-TMP

La palabra de 3 bytes llamada Cadena de Datos es enviada a una función *String to Byte Array*, que convierte una cadena en un arreglo de bytes sin signo. Este arreglo de bytes ingresa a una función *Array to Cluster* y esta está conectada a una *Unbundle* para separar byte por byte, ya que cada uno de estos bytes contienen la información de humedad y temperatura. Los dos primeros bytes definen la temperatura, el primero el valor entero, y el segundo el valor decimal, y el tercer byte la humedad relativa.

La palabra de 3 bytes está en forma hexadecimal, pero al separarla byte por byte, los 3 bytes resultantes están en forma decimal.

El primer byte que indica el valor entero de la temperatura, no necesita ninguna transformación, solo sumarlo directamente al valor decimal. El byte que indica el valor decimal de la temperatura debe transformarse con una estructura *Case*, que se encuentra detallada en la Tabla 3.2. En esta tabla se muestra el valor decimal que deberá sumarse al valor entero para dar como resultado el valor de temperatura que envía el *Datalogger*.

2do Byte	Opción Case	Valor decimal	2do Byte	Opción Case	Valor decimal
00	0	-0.2	80	128	0.3
10	16	-0.1	90	144	0.4
20	32	-0.1	A0	160	0.4
30	48	0	B0	176	0.5
40	64	0	C0	192	0.6
50	80	0.1	D0	208	0.6

60	96	0.2	E0	224	0.7
70	112	0.2	F0	240	0.8

Tabla 3.2. Valores del segundo byte

El tercer byte recibe una transformación menos compleja para presentar el valor de humedad relativa. Este byte primero se divide para 2 y al resultado se le resta 10. El valor que resulta des estas dos operaciones es el valor de humedad relativa que envía el *Datalogger*.

3.3. INGRESO

La siguiente parte del programa, en la cual se van a pesar los filtros, requiere de un acceso del operador mediante una clave de verificación.

En la Figura 3.11, se muestra el diagrama de flujos de la sub función ENTRAR.

Cuando se presiona el botón ENTRAR en el panel principal de la Figura 3.2, se llama a una sub función tal como se indica en la Figura 3.1, y a su vez se ejecuta el evento del mismo nombre en la cual se encuentra el sub-vi Acceso.vi, como la muestra la Figura 3.12.

Dentro de la sub función ENTRAR, primero se ejecuta la sub función denominada contraseña, que se muestra en la Figura 3.13.

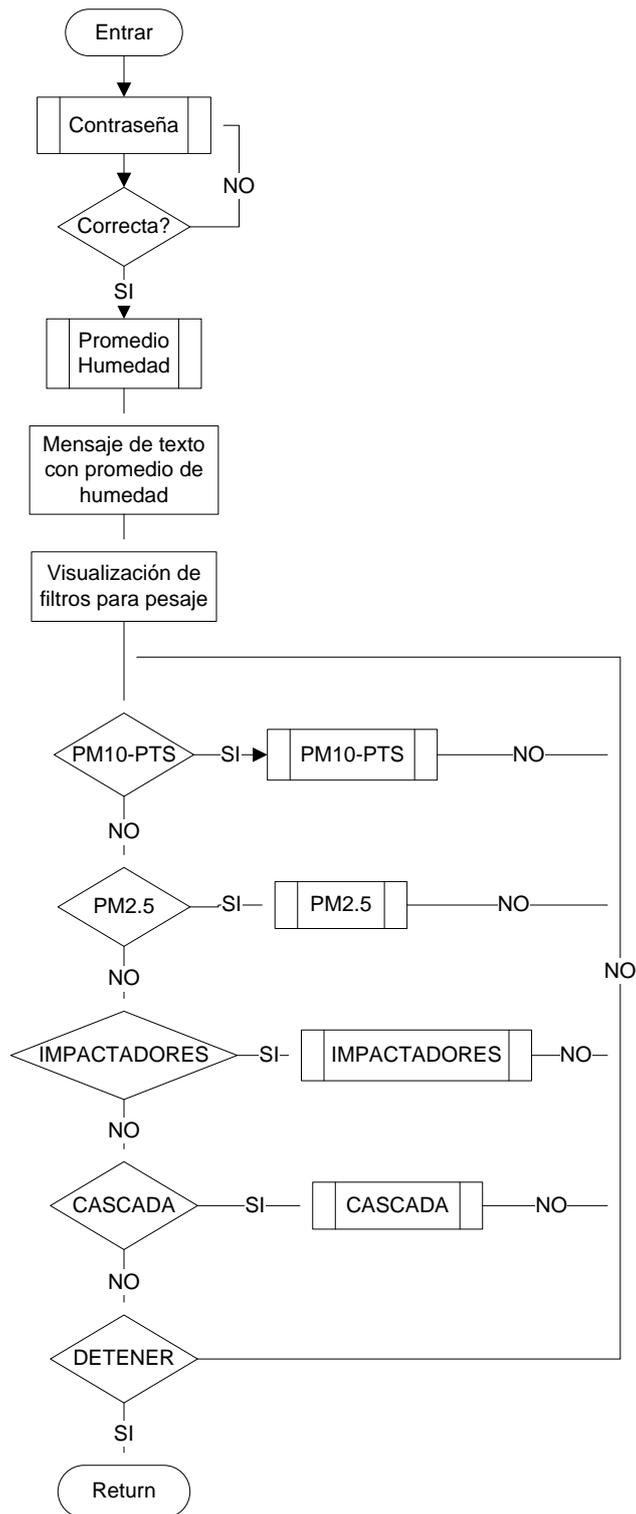


Figura 3.11. Entrar

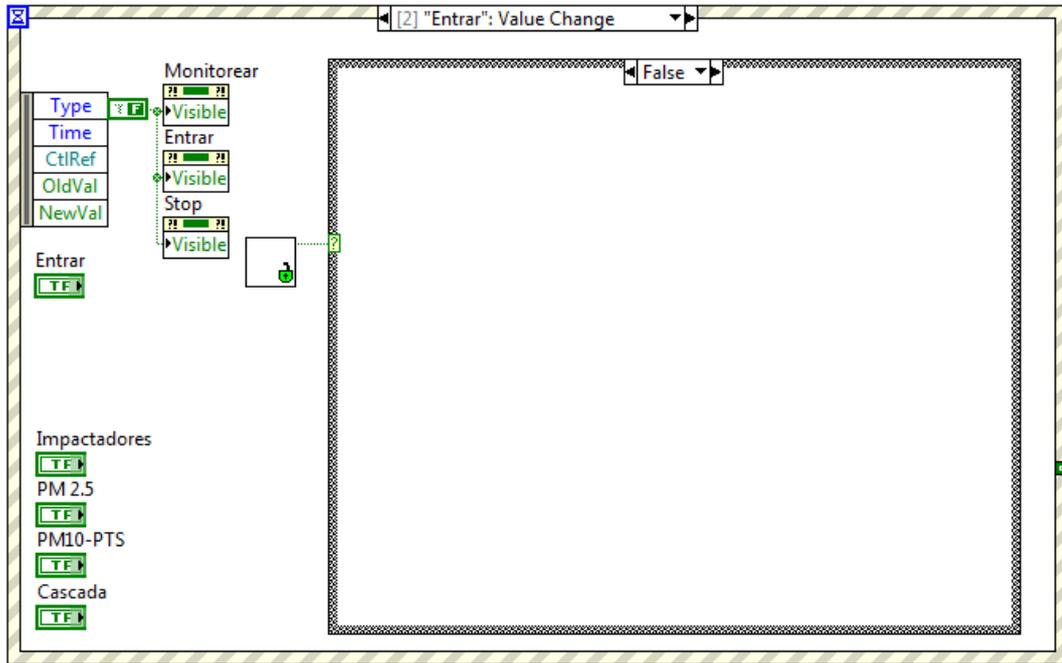


Figura 3.12. Evento Entrar

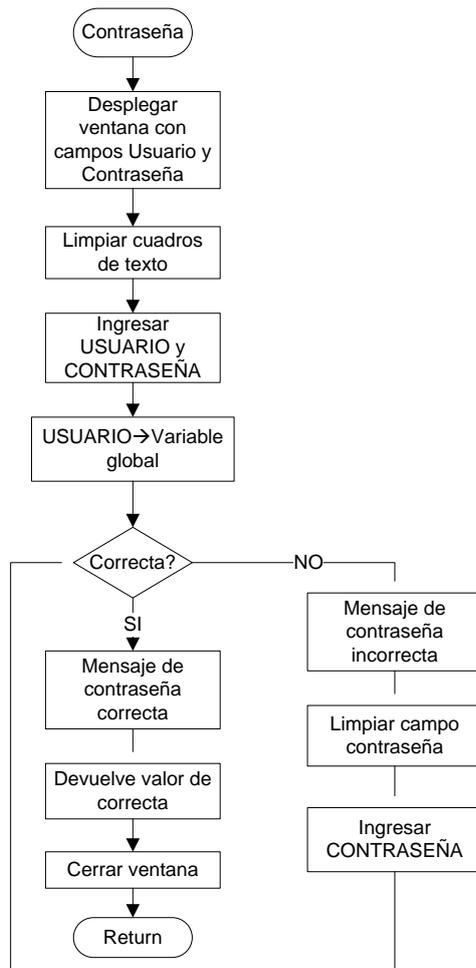


Figura 3.13. Contraseña

Al ejecutarse la función contraseña primero se despliega una pantalla, en el que se encuentran dos campos, Usuario y Contraseña, tal como se muestra en la Figura 3.14.



Figura 3.14. Panel Frontal Acceso.vi

Luego lo que se realiza es limpiar los cuadros de texto de USUARIO y CONTRASEÑA. Posteriormente el operador procede a ingresar los dos campos requeridos, siendo el único de relevancia la CONTRASEÑA. El nombre de USUARIO se guarda en una variable global para que el programa utilice este mismo nombre cada vez que se vaya a realizar el pesaje de un filtro cuando la sesión ha sido inicializada.

La CONTRASEÑA se comparará con la palabra CORPAIRE, que es la contraseña por defecto. Si la contraseña ingresada no es correcta, aparecerá un mensaje de texto indicando que la contraseña ingresada es incorrecta, se limpiará el campo contraseña y el operador deberá ingresarla nuevamente; y si es correcta aparecerá un mensaje de texto que indica que la contraseña ingresada es la correcta. Se devolverá un valor de verdadero a la función que la llamó, se cierra la ventana que contiene los campos de Usuario y Contraseña y se regresa a la función ENTRAR.

Al regresar, el programa verificará el valor de verdadero que devuelve la función CONTRASEÑA.

Luego se procede al cálculo del promedio de humedad, el cual esta descrito en el capítulo Promedio de Humedad.

Luego de haber calculado el promedio de humedad, se despliega un mensaje de texto con el valor del promedio de la humedad, posteriormente se visualiza un nuevo menú con los filtros para el pesaje, tal como muestra la Figura 3.15.

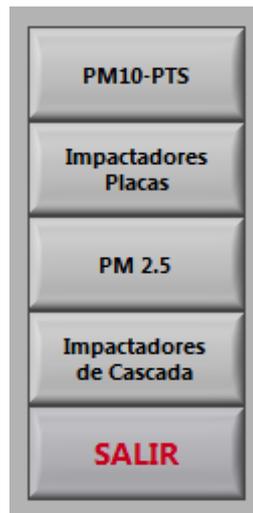


Figura 3.15. Menú de Filtros

En este menú de filtros, el operador procede a escoger el tipo de filtro que desee pesar, detallado en el capítulo Pesaje de Filtros. Si desea salir al menú Principal, el operador debe hacer clic en el botón SALIR.

A continuación se detalla el procedimiento del diagrama de flujos de LABVIEW.

En la Figura 3.16, se muestra el diagrama de bloques de Acceso.vi. La estructura *While*, contiene todo el procedimiento para validar la contraseña ingresada, y este bucle solo terminará cuando la contraseña sea correcta o cuando se presione el botón cancelar.

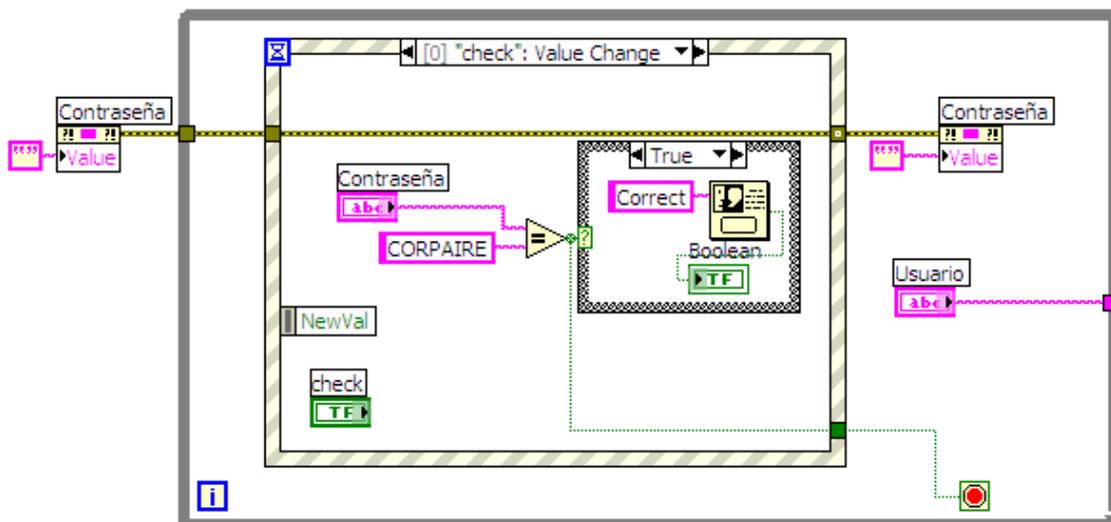


Figura 3.16. Diagrama de Bloques Acceso.vi

Este sub-vi devuelve el nombre de usuario y un valor de *True* si la contraseña es correcta o *False* si la contraseña es incorrecta. Primeramente se limpia el campo donde se ingresa la contraseña. Cuando se presiona el botón OK se ejecuta el evento *Check* para validar la contraseña. La palabra introducida en el campo Contraseña, se compara con la clave de acceso, que en este caso es CORPAIRE, y el resultado es enviado a una estructura *Case*. Si el resultado es *True*, se despliega un mensaje de Contraseña Correcta, el ciclo termina y se ejecuta la siguiente parte del programa. Caso contrario, es decir, si el resultado es *False*, se despliega un mensaje de Contraseña Incorrecta, se limpia el campo Contraseña y se deberá ingresar otra clave de acceso para su validación.

Como se observó en la Figura 3.11, el evento Entrar, contiene una estructura *Case*. Cuando la Contraseña ingresada no es la correcta o si se cancela el ingreso de la misma, el sub-vi Acceso envía un valor de *False* y no ingresa a ejecutar el resto del programa. Caso contrario, si la Contraseña ingresada es correcta, el sub-vi envía un valor de *True* a la estructura *Case*, tal como se muestra en la Figura 3.17.

El operador ha ingresado de manera correcta al programa que le permitirá realizar el pesaje de los filtros, generar la base de datos en Excel así como también variar los parámetros del control que se realizará con la tarjeta de adquisición de datos.

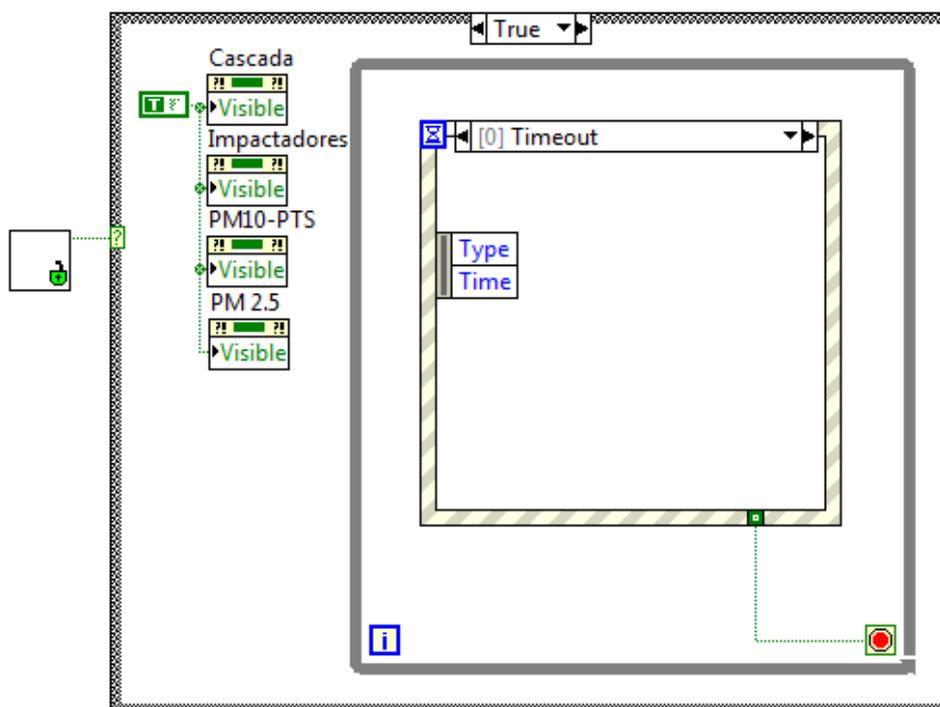
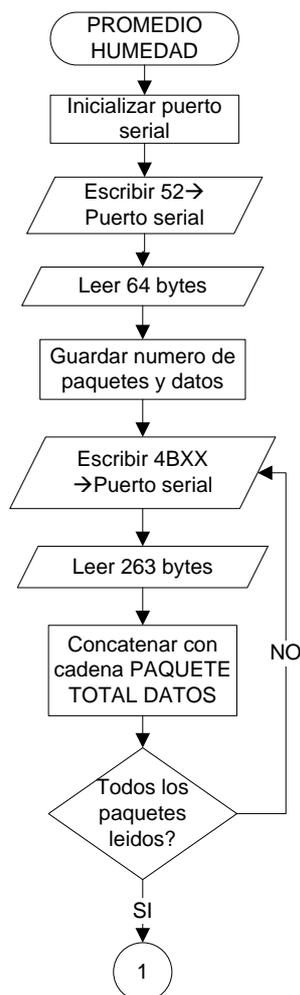


Figura 3.17. Case True Acceso.vi

3.3.1. PROMEDIO DE HUMEDAD

Para que los filtros puedan ser pesados, antes deben de estar acondicionados 48 horas previas al pesaje. En estas 48 horas de acondicionamiento, la humedad de la sala de balanzas debe permanecer dentro del rango establecido, que es entre los 45 y 55% de humedad relativa. El *Datalogger* tiene la capacidad de almacenar datos históricos programados con anterioridad. Este está configurado para que almacene datos de temperatura y humedad cada 5 minutos.

La Figura 3.18, muestra el diagrama de flujos del cálculo del promedio de la humedad. Primero se debe inicializar el puerto serial con los parámetros de configuración establecidos para el *Datalogger*. Posteriormente se escribe el dato 52 en hexadecimal y se procede a leer 64 bytes. En estos 64 bytes se encuentra el número de paquetes y el número de datos por lo que los separamos individualmente y los guardamos en variables independientes llamadas Número Datos y Número Paquetes.



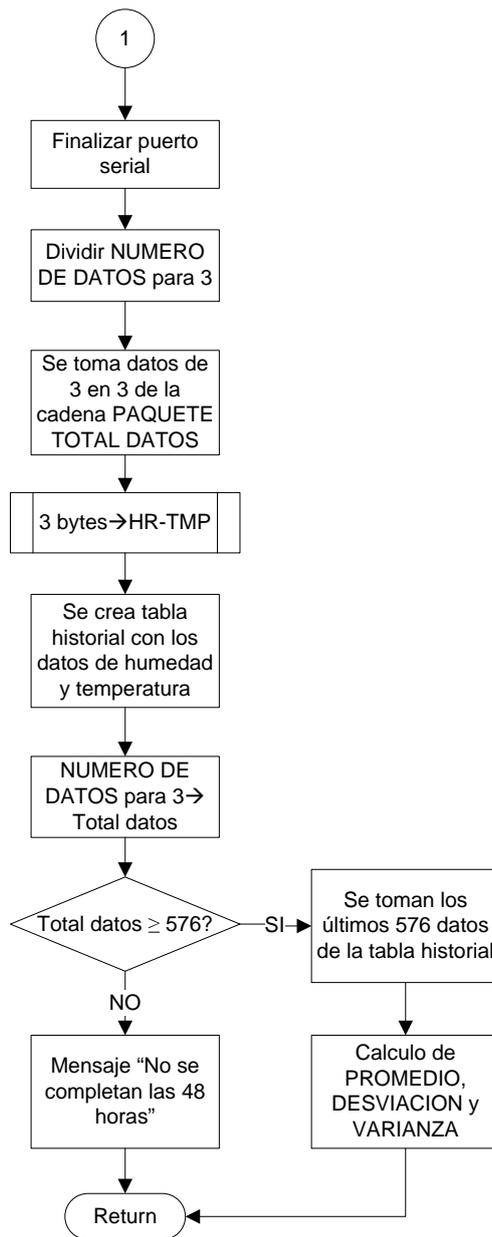


Figura 3.18. Diagrama de flujos de Promedio de humedad

Cada paquete contiene una secuencia de 263 bytes donde se almacenan los datos de temperatura y humedad, por este motivo se debe ir leyendo paquete por paquete y concatenando la secuencia de bytes para obtener la cadena total de datos almacenados en el *Datalogger*. Cuando se ha terminado de leer todos los paquetes de datos se cierra el puerto serial.

A continuación se divide el numero de datos para 3, ya que como se indico en el capítulo 2, el *Datalogger* almacena los datos de humedad y temperatura en 3 bytes, por lo

que debemos ir sacando de la cadena total de datos los datos de 3 en 3 y transformando los 3 bytes a datos de humedad y temperatura usando la función “3 bytes→HR-TMP”.

Los datos de humedad y temperatura q vamos obteniendo de la transformación de los bytes de la cadena total de datos, los vamos añadiendo a una tabla de historial.

El numero de datos dividido para 3 se guarda en una variable llamada total datos, y este valor corresponde al número de lecturas hechas por el *Datalogger* en el intervalo de tiempo establecido y almacenadas en su pila interna. El valor total de datos debe ser mayor o igual a 576, ya que este es el número de lecturas que debe realizar el *Datalogger* en 48 horas cada 5 minutos.

Si el valor es menor a 576, se despliega un mensaje de texto que indica que el valor de las 48 horas no se cumple. Si es mayor a 576, se toman los últimos 576 datos de la tabla historial y se calculan el promedio, la desviación estándar y la varianza.

A continuación se detalla el procedimiento utilizado en LABVIEW para el cálculo del promedio de humedad y temperatura.

El VI llamado Promedio HR-TMP.vi se encarga de realizar el promedio de los datos de humedad relativa registrados las últimas 48 horas. Este sub-vi contiene una estructura *Flat Sequence* de 3 secuencias. Una estructura *Flat Sequence* consiste en uno o más subdiagramas, que se ejecutan de forma secuencial. Esta estructura de secuencia se utiliza para asegurar que un subdiagrama se ejecuta antes o después de otra subdiagrama.

La primera secuencia lee todos los paquetes de datos del *Datalogger*, la segunda crea la tabla de valores de humedad a partir de los datos leídos, y la tercera secuencia realiza el promedio de los datos de las últimas 48 horas.

La primera secuencia de esta estructura se muestra en la Figura 3.19. Primero se realiza la configuración del puerto serial, con los mismos parámetros que se configuraron para el monitoreo de humedad y temperatura.

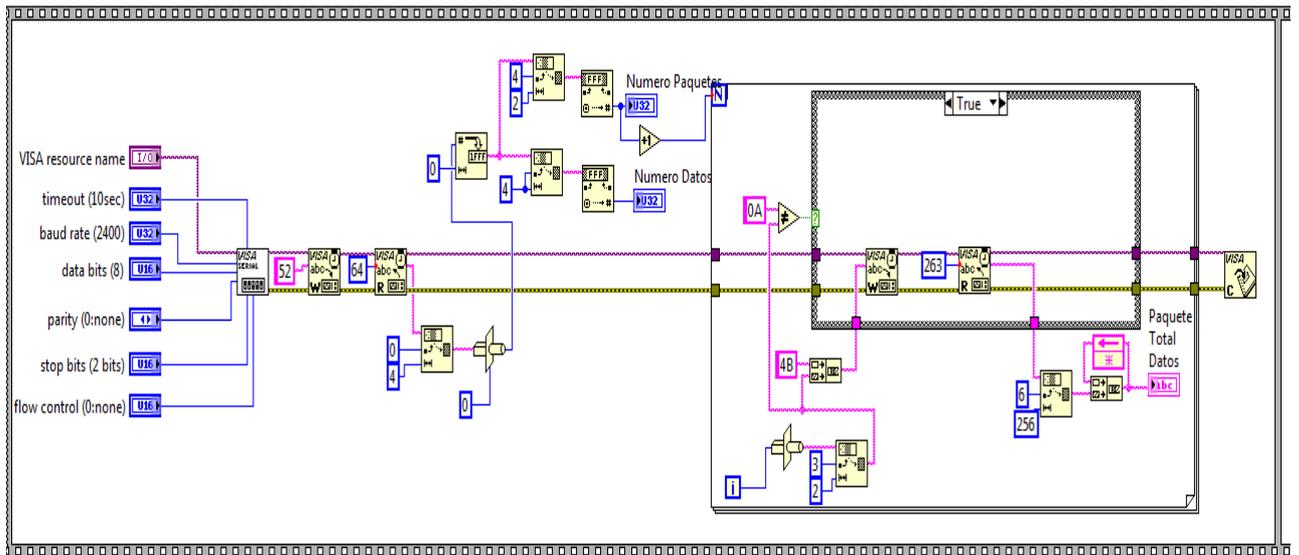


Figura 3.19. Secuencia 1 Promedio HR-TMP.vi

Para leer los paquetes de bytes que contienen los registros de humedad y temperatura del *Datalogger*, se debe enviar una sucesión de palabras como se explica a continuación.

Para saber cuántos datos están almacenados en el *Datalogger*, primero enviamos la palabra 52 y leemos una palabra de 64 bytes. En esta palabra se encuentran almacenados el número de paquetes, tal como muestra la Figura 3.20.

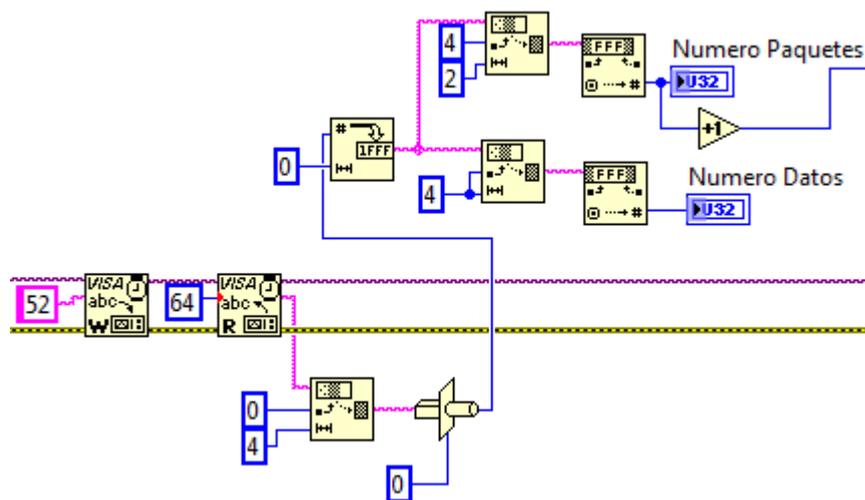


Figura 3.20. Obtención de Número de Paquetes y Datos

Se utiliza una función *String Subset* para obtener los bytes que contienen la información necesaria. De la cadena de 64 bytes, solo nos interesan los primeros 4, por lo

que solo cogemos estos. Esta cadena de datos es convertida de *ASCII* a decimal y luego con la función *Number to Hexadecimal String*, que convierte el número en una cadena de dígitos hexadecimales. De esta cadena de dígitos hexadecimales los primeros 2 son el número de paquetes y los 2 restantes el número de datos.

El número de paquetes resultante se debe leer paquete por paquete por lo que se suma 1 al número de paquetes, ya que empieza en cero. Este valor es enviado a un ciclo *For*.

Cuando se realizaron las pruebas en el *Datalogger*, cuando se enviaba el dato 0A no leía inmediatamente el paquete y se almacenaba en el paquete 0B, por lo que se realizó una pequeña modificación para que este error no exista. Lo que se hace es enviar 2 veces el dato 0A, para que de esta manera la segunda vez lo almacene adecuadamente. El resto de paquetes los lee sin ningún problema. En la Figura 3.21 se detalla el procedimiento para leer los paquetes, y en la Figura 3.22 la variante que se realiza para leer el paquete defectuoso.

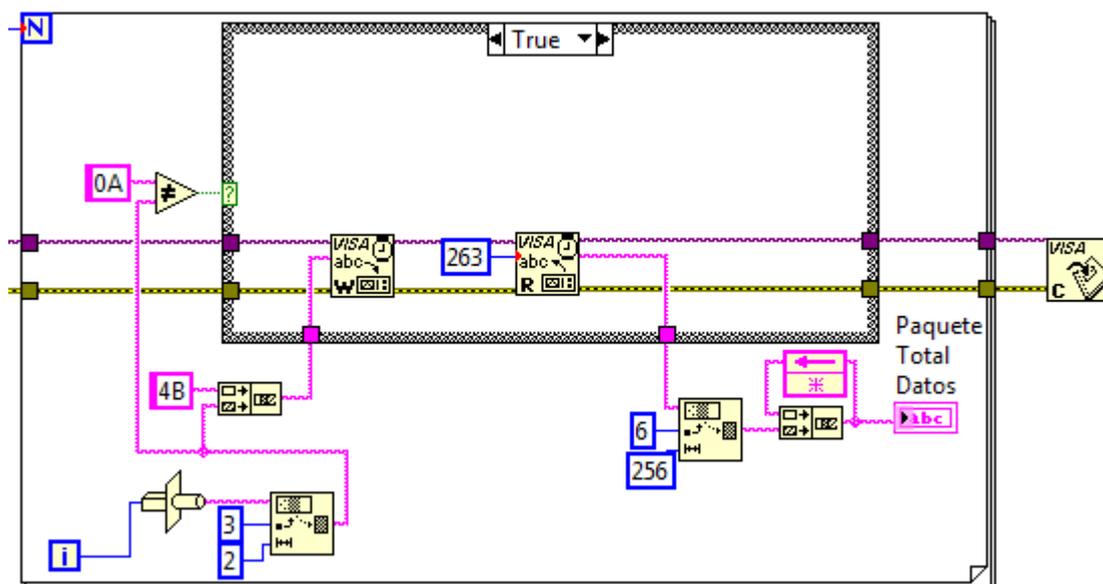


Figura 3.21. Leer paquetes de datos

Para leer cada paquete se debe enviar la palabra hexadecimal 4BXX, donde XX es el número de paquete. Para esto se utiliza el indicador *i* que muestra el número de ciclo del bucle *For*, este dato se convierte a un valor hexadecimal. Con la función *Concatenate Strings* se une la cadena 4B con la cadena que contiene el número de paquete. Esta cadena resultante se escribe en el puerto serial y posteriormente se lee una palabra de 263 bytes

que envía como respuesta el *Datalogger*. De estos 263 bytes, los 6 primeros son indicadores, el resto son datos de temperatura y humedad. Para esto separamos estos 256 bytes con la función *String Subset*. Como en este bucle *For* se van a leer todos los paquetes de datos, se utiliza la función *Concatenate String* realimentada la salida a la primera entrada, de esta manera, los datos que se van obteniendo de cada paquete se van colocando uno a continuación de otro, y estos datos se almacenan en una cadena llamada Paquete Total Datos.

Como se mencionó con anterioridad, la Figura 3.21 muestra la corrección que se realiza para leer el paquete 0A, para esto mediante una estructura *Case* se añade una corrección. En la Figura 3.20 se muestra el valor *True* de la estructura *Case*, que se ejecuta siempre que el valor sea diferente a 0A. Cuando el valor del ciclo es igual a 10, es decir, el valor hexadecimal 0A, se envía una segunda vez el valor 4B0A para completar la cadena que por error la lee incompleta la primera vez. Luego se realiza la concatenación de cadenas como se menciono previamente.

Cuando se leen todos los paquetes de datos el ciclo *For* finaliza y se cierra el puerto serial al que está conectado el *Datalogger*.

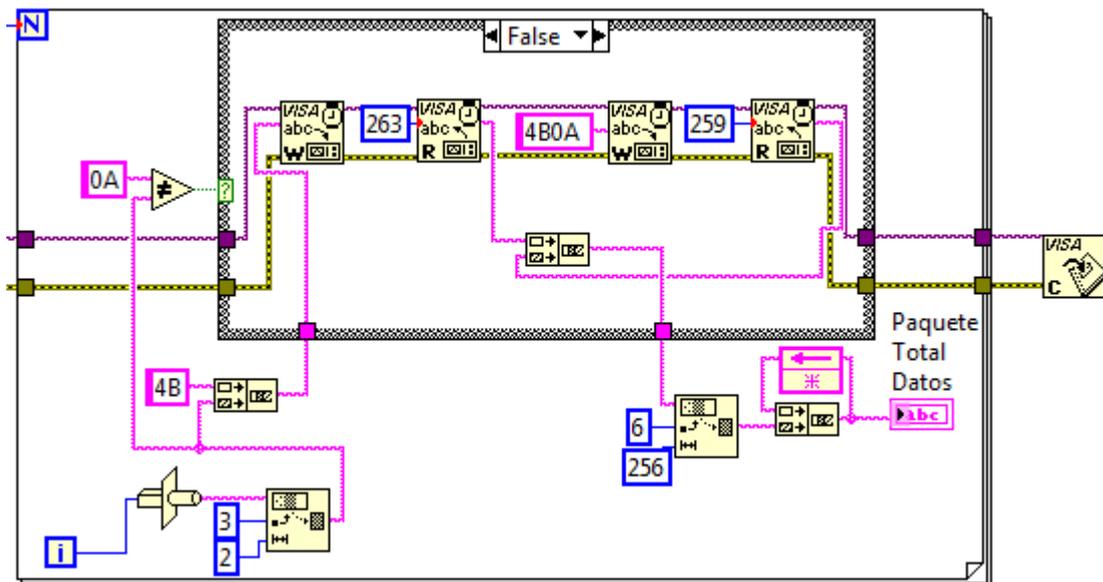


Figura 3.22. Variante para leer paquetes de datos

Luego de almacenados todos los datos, se van a transformar los bytes en valores de humedad y temperatura. La cadena Paquete Total Datos contiene toda la cadena de datos,

por lo que tenemos que separarlos. Como se ha explicado, los datos de humedad y temperatura se almacenan en 3 bytes, por lo que del paquete total de datos tenemos que ir separando de 3 en 3. En la Figura 3.23 se muestra el procedimiento para obtener los valores correspondientes a la humedad relativa almacenados en el *Datalogger*.

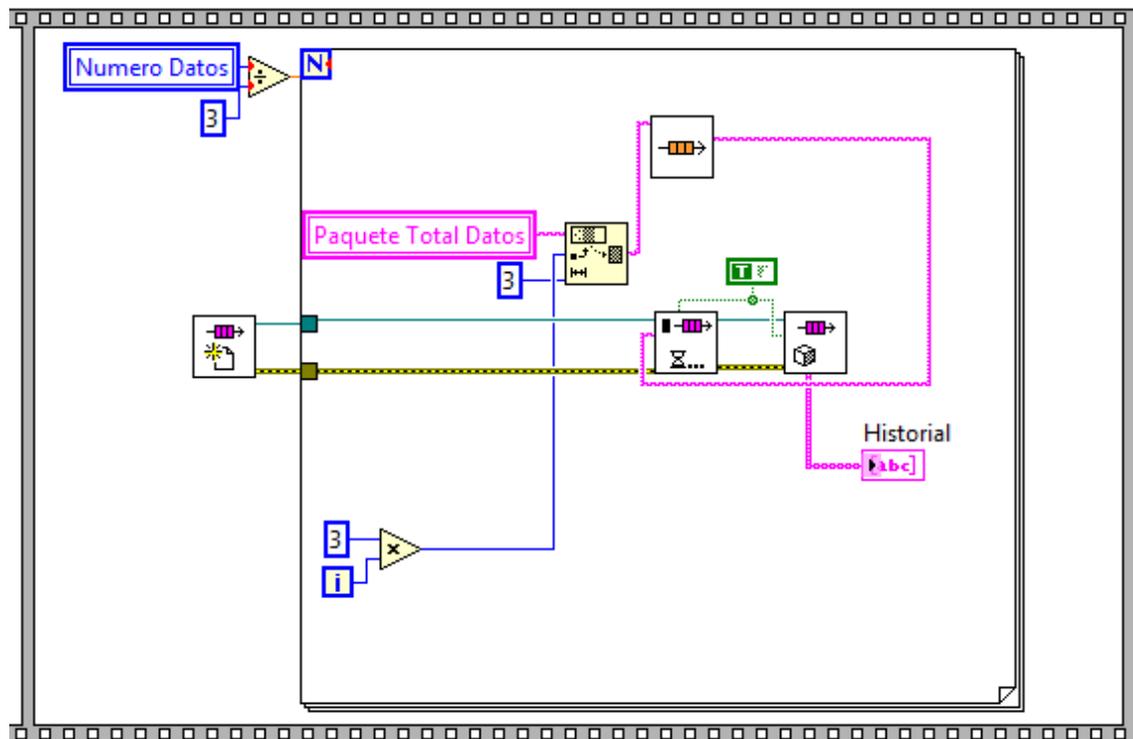


Figura 3.23. Datos de humedad relativa

Al tener el valor total de datos, almacenado en Número Datos, dividimos este valor para 3 (para tener los 3 bytes que contienen los valores de humedad y temperatura), y utilizamos un ciclo *For* para almacenar estos valores en una pila *LIFO* (*Last In First Out*). Dentro del ciclo *For* vamos a separar los datos de 3 en 3. La cadena que contiene el paquete total de datos se envía a una función *String Subset*. El contador del ciclo *For* se multiplica por 3, este valor obtenido es la posición inicial y su longitud es de 3.

La cadena resultante, que es de 3 bytes, se envía a la función “3byte a HR-TMP.vi”, que se explicó anteriormente, y solo se toma el valor de salida de humedad, ya que vamos a obtener el promedio de este parámetro. Con la función *Insert Queue Element* vamos creando la pila *LIFO* con el valor de la humedad tipo cadena, y con la función *Get Queue Status* obtenemos la cadena resultante que es enviada a un arreglo tipo cadena, para

poder visualizar todos los valores de humedad. Se utiliza el tipo de dato cadena ya que la función para crear la pila no trabaja con datos numéricos, solo con cadenas.

En la parte final, se realiza el promedio de los valores de humedad relativa registrados las últimas 48 horas. Este procedimiento se muestra en la Figura 3.24.

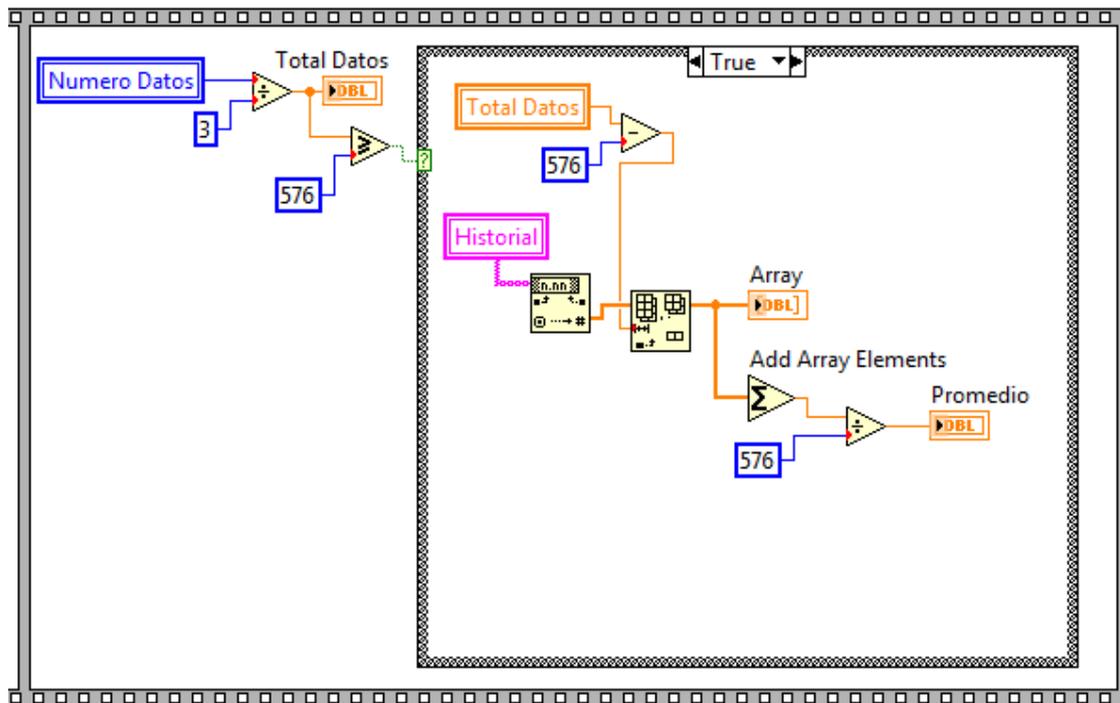


Figura 3.24. Cálculo del promedio

Al estar configurado el *Datalogger* para que registre valores de humedad y temperatura cada 5 minutos, podemos realizar un pequeño cálculo para saber cuántos datos se obtienen a lo largo de 2 días completos. Conociendo que cada 5 minutos se realiza el registro, es fácil determinar que cada hora el *Datalogger* va a realizar 12 datos, y en 48 horas serán 576. El número de datos dividido para 3 lo comparamos con 576, si es menor se despliega un mensaje puesto que no se han cumplido las 48 horas, caso contrario, si el valor es igual o mayor se procede a realizar el promedio. Con la función *Fract/Exp String To Number* convertimos todo el arreglo tipo cadena de los valores de humedad a un arreglo numérico. Este arreglo resultante se envía a la función *Delet From Array* para eliminar los valores que no corresponden a las últimas 48 horas. Para esto restamos del Total Datos los 576, y el resultado obtenido van a ser los datos excedentes. Eliminados los valores excedentes del arreglo, se procede a la suma de estos mediante la función *Add Array*

Elements y al resultado se lo divide para 576. Este valor resultante es el valor promedio de la humedad relativa de las últimas 48 horas que el *Datalogger* registró.

3.4. PESAJE DE FILTROS

Cuando se ha ingresado correctamente al sistema, se despliega la pantalla mostrada en la Figura 3.15, en la cual se puede seleccionar los diferentes tipos de filtros. Este parte del programa, responde también a una estructura *Event*, la cual permanecerá en espera a que exista un evento para desplegar la pantalla correspondiente.

Junto con el menú para la selección de filtros, se despliega un mensaje de texto el cual nos indica el valor promedio de la temperatura de las últimas 48 horas.

3.4.1. FILTROS PM10-PTS

Al seleccionar en el menú cualquier tipo de filtro que vayamos a pesar, se ejecuta la sub función correspondiente a cada tipo de filtro tal como muestra la Figura 3.11. El diagrama de bloques de la Figura 3.25, muestra el inicio de la secuencia que se ejecuta cada vez que se selecciona la opción PM10-PTS.

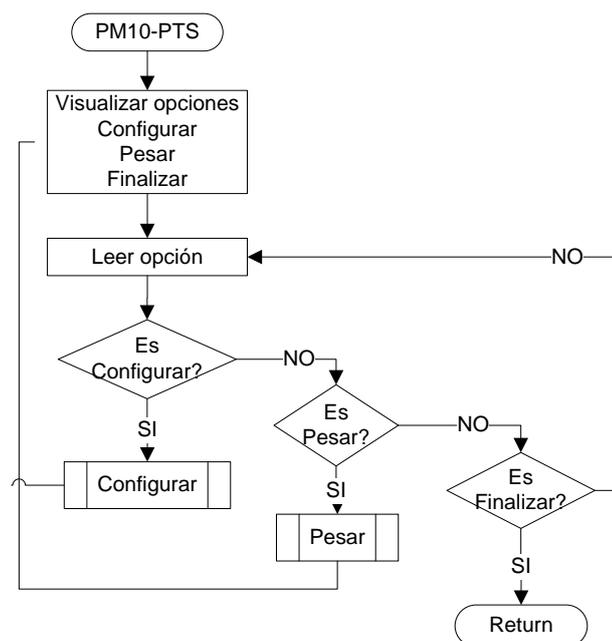


Figura 3.25. Diagrama principal PM10-PTS

Se abre una nueva ventana en la cual se muestra un menú como se muestra en la Figura 3.26, con tres opciones: CONFIGURAR, PESAR y FINALIZAR.



Figura 3.26. Menú de Opciones de Filtros

Cuando damos clic en la opción CONFIGURAR, se muestran los parámetros del puerto serial a configurar, como se muestra en la Figura 3.27 y 3.28. Al igual que en la parte del monitoreo de temperatura y humedad, los parámetros más importantes a tomar en cuenta en la configuración son el puerto, los bits de datos y la tasa de baudios.

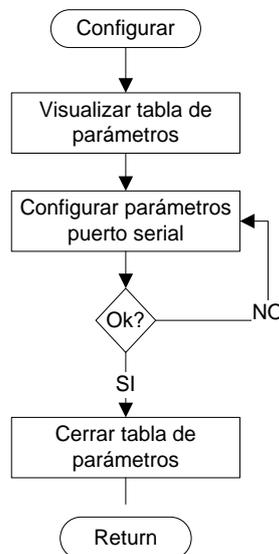


Figura 3.27. Diagrama Configuración Puerto Serial Balanzas

Esta configuración debe ser exacta a la configuración que realizamos en la balanza para que no existan errores de comunicación.

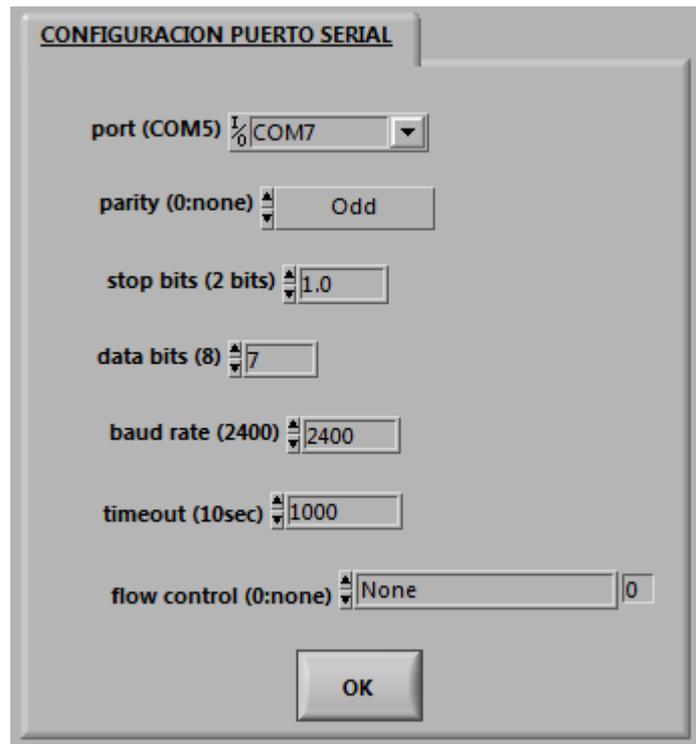


Figura 3.28. Configuración Puerto Serial Balanzas

Cuando la configuración está correcta, presionamos el botón OK, el cual nos regresa al menú, en donde podemos presionar el botón de PESAR para iniciar con el pesaje de los filtros, o el botón de FINALIZAR para regresar al menú de filtros si deseamos escoger otro tipo de filtro.

Al escoger la opción de PESAR se ejecuta el diagrama que se muestra en la Figura 3.29. Luego, se despliegan 3 botones: INICIAL, FINAL y ABANDONAR mostrados en la Figura 3.30. El botón INICIAL indica que se va a realizar el pesaje antes del muestreo; el botón FINAL indica que se va a realizar el pesaje después del muestreo, mientras que el botón ABANDONAR es para terminar automáticamente el pesaje de los filtros y volver al menú de las opciones del filtro de la Figura 3.14.

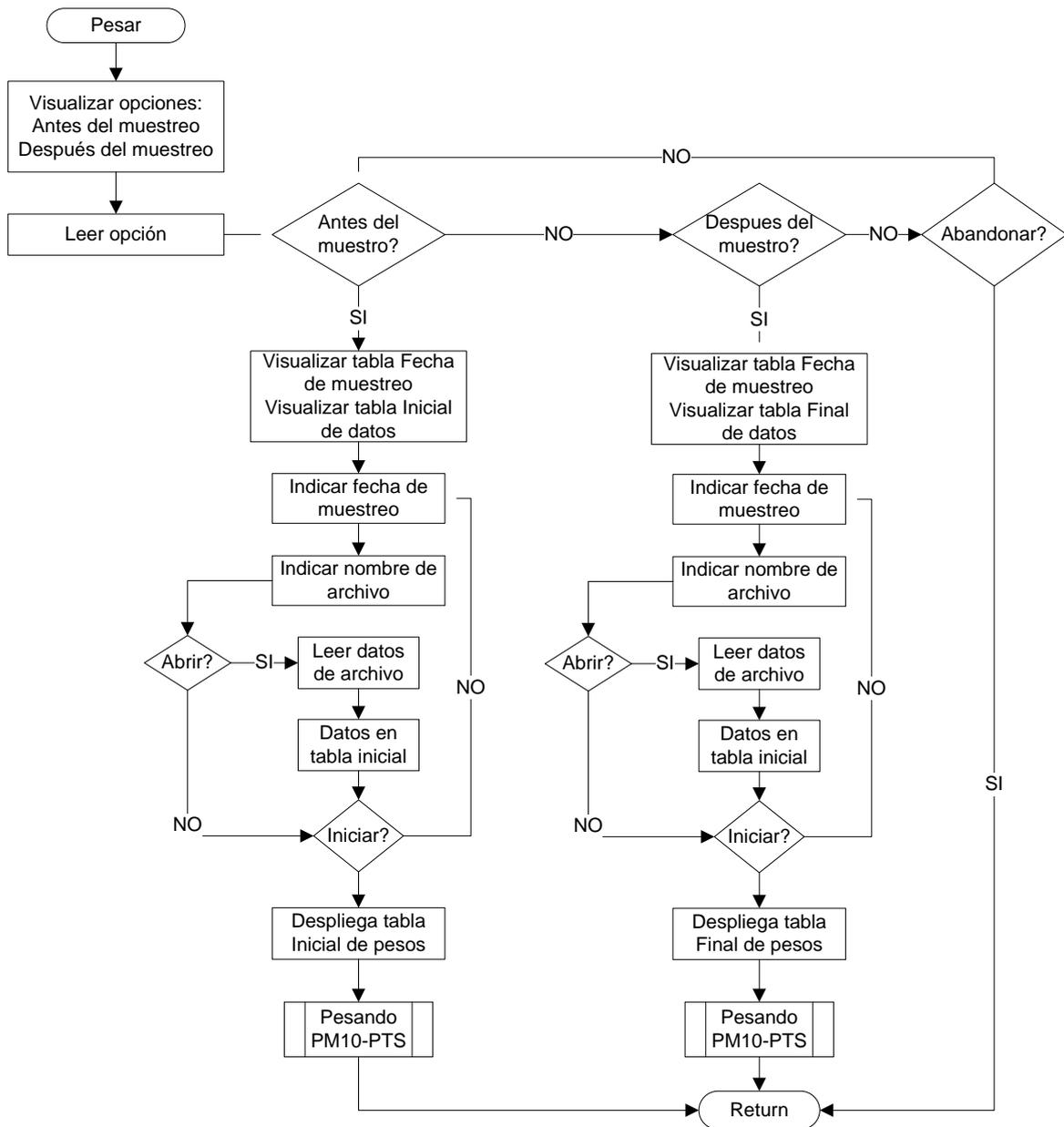


Figura 3.29. Diagrama PESAR

Luego de haber seleccionado la opción INICIAL o FINAL, se despliega un *Tab Control* con dos opciones, INICIO y FINAL. Estas opciones no tienen ninguna similitud con las anteriormente mencionadas. Estas opciones sirven para tomar los datos en que inicia y finaliza el pesaje de los filtros, por lo que este *Tab Control* es el mismo tanto para la opción INICIAL (antes del muestreo) como para la opción FINAL (después del muestreo).

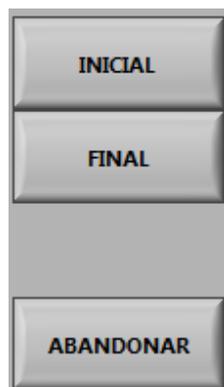


Figura 3.30. Selección INICIAL, FINAL, ABANDONAR

Adicionalmente, se muestra otro *Tab Control* con la opción “Fecha de muestreo”, en la cual se debe seleccionar el día, mes y año en el cual está programado realizar el muestreo del filtro en cuestión así como también del número de campaña, indicado en la Figura 3.31.

El número de campaña se refiere al número de muestreo del mes en curso. Es decir, si es el primer muestreo del mes, será la primera campaña. Esto se hace porque el muestreo de los filtros se realiza una vez por semana y en ocasiones hasta dos veces.

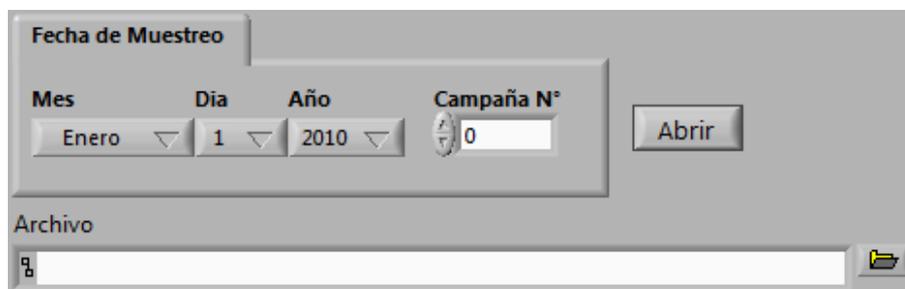


Figura 3.31. Fecha de muestreo

En la Figura 3.31 también se puede escoger el archivo en el que se desea grabar los pesos de los filtros luego de realizado el pesaje. Si no se selecciona ningún archivo, el programa crea un archivo de Excel nuevo, caso contrario guardará en un archivo ya existente.

En el caso de los filtros de PM10-PTS, no siempre se pesan los filtros de una campaña el mismo día. En este caso se debe guardar los pesos de unos filtros y posteriormente añadir los pesos de los filtros restantes. Para esta opción se ha creado el botón “Abrir”. Para usar esta opción, obligatoriamente se debe seleccionar el archivo Excel

en el cual se encuentran almacenados los pesos de los filtros. Luego de presionar el botón abrir se lee los datos almacenados en el archivo especificado, y estos datos son colocados en la tabla de pesos iniciales. Posteriormente al haber seleccionado la fecha de muestreo, y si fuere el caso el nombre del archivo, nos dirigimos al *Tab Control* en la cual indicamos el inicio o el final del pesaje de los filtros.

La Figura 3.32 muestra el *Tab Control* INICIO. Al presionar el botón Iniciar, indicamos al programa que se va a iniciar el pesaje y los campos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %, se llenan con el nombre del operador que pusimos en la parte de Ingreso, la hora y fecha del equipo en ese instante de tiempo, y los datos de temperatura y humedad que son leídos del *Datalogger*.

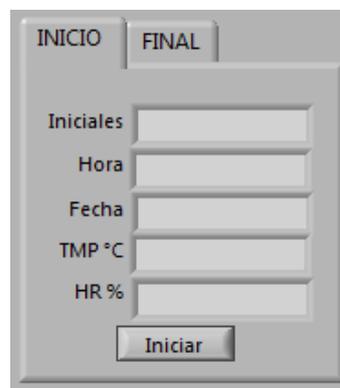


Figura 3.32. Tabla Inicial de datos

De manera similar, la Figura 3.33 muestra el *Tab Control* FINAL. Al presionar el botón Terminar, se indica que el pesaje a finalizado y los campos se llenan de igual manera que lo hicieron en la parte de INICIO.

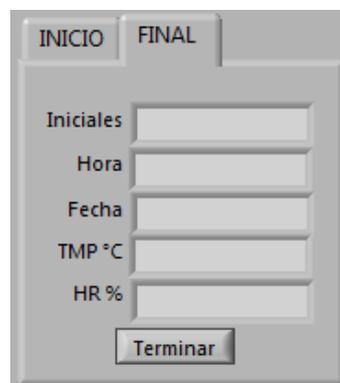


Figura 3.33. Tabla Final de datos

La configuración del puerto serial para las balanzas, así como la toma de datos de Inicio y Fin antes y después del muestreo se realiza de manera similar en los 4 tipos de filtros que se pesan.

Luego de hacer clic en el botón Iniciar de la Figura 3.32 se despliega la tabla de pesos, ya sea antes o después del muestreo y se ejecuta una sub función llamada “Pesando PM10-PTS” que es la encargada de la toma de datos de la balanza, indicada en la Figura 3.34.

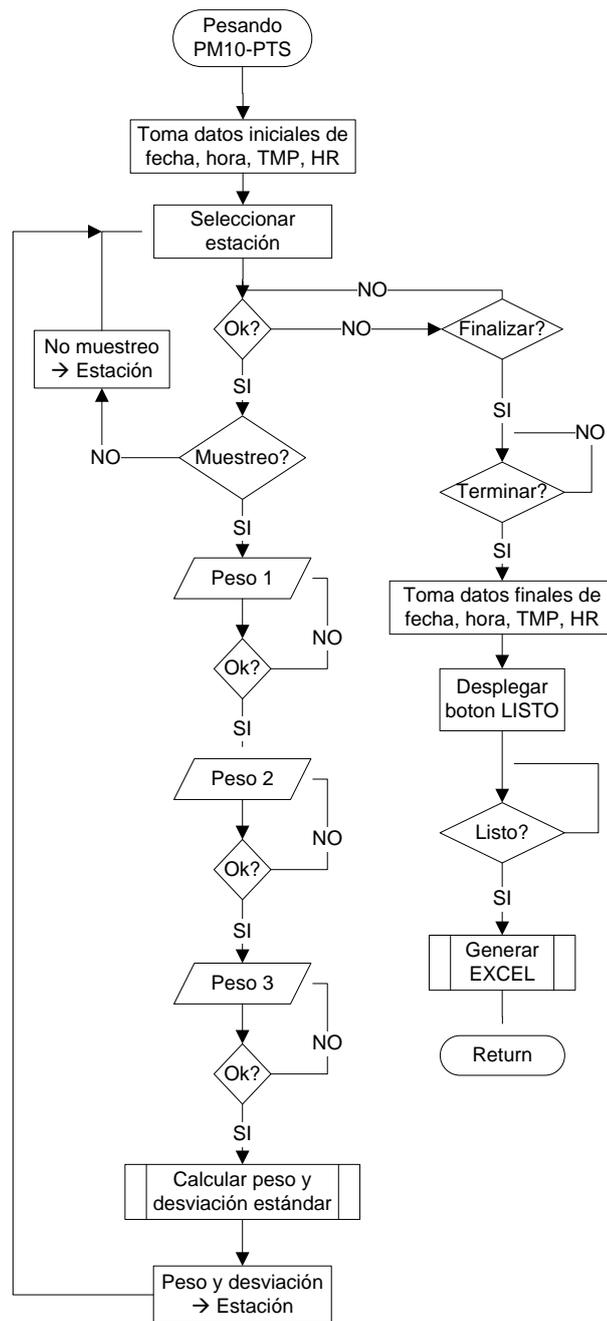


Figura 3.34. Pesando PM10-PTS

Como se indico anteriormente, al presionar el botón Iniciar, indicamos al programa que se va a iniciar el pesaje y los campos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %, son llenados.

Para realizar el pesaje de los filtros de PM10 y PTS primero se debe seleccionar la estación a la cual pertenece el filtro, o si es un filtro blanco de PM10 o PTS, y luego de haber seleccionado la estación hacemos clic en el botón OK, como indica la Figura 3.35.

Estacion	
Blanco PM10	

PESOS

Peso 1	Blanco PM10
	PESO DESV. EST.

Peso 2	Blanco PTS
	PESO DESV. EST.

Peso 3	Carapungo PTS
	PESO DESV. EST.

	Cotocollao PM10
	PESO DESV. EST.

Figura 3.35. Selección de filtros

Luego de haber hecho clic el botón OK al haber seleccionado la estación, se despliega un mensaje de texto con la pregunta “Muestreó?”, y con dos opciones de respuesta mostrado en la Figura 3.36. Cuando el filtro no ha muestreado en la estación, los valores de peso y desviación estándar son llenados con la palabra “No muestreó” y se procede a seleccionar otro tipo de filtro o a finalizar el pesaje.

Muestreo	
Si	No

Figura 3.36. Muestreo

Si la estación ha muestreado, se deben tomar 3 pesos de la balanza por cada tipo de filtro, haciendo clic en el botón  de la balanza y el peso que muestra la pantalla de la balanza será enviado por el puerto serial y aparecerá en el cuadro de texto Peso 1. Si el operador considera que el peso no es correcto puede enviar nuevamente el peso de la balanza al computador, y cuando esté de acuerdo presionar el botón OK de la parte de los filtros. Este procedimiento se debe realizar 3 veces. Luego del tercer peso que se ha seleccionado, se calcula el peso promedio y la desviación estándar, para esto se utilizan funciones propias del LABVIEW que calculan directamente el promedio y la desviación de un arreglo ingresado, en este caso, de un arreglo de 3 números.

El peso promedio y la desviación estándar llena el campo de la estación seleccionada, y posteriormente se puede seleccionar otra estación.

Si en cualquier momento del pesaje de los filtros se desea finalizar, se hace clic en el botón Finalizar, posteriormente se debe hacer clic en el botón Terminar del *Tab Control* FINAL para que la computadora almacene los datos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %. Se despliega un botón adicional como lo indica la Figura 3.37, con el cual vamos a generar el archivo en Excel de los datos pesados, y finalmente regresamos al menú de la Figura 3.26 donde se puede escoger la opción para pesar una nueva campaña o regresar al menú de filtros para seleccionar otro tipo de filtro que se desea pesar.

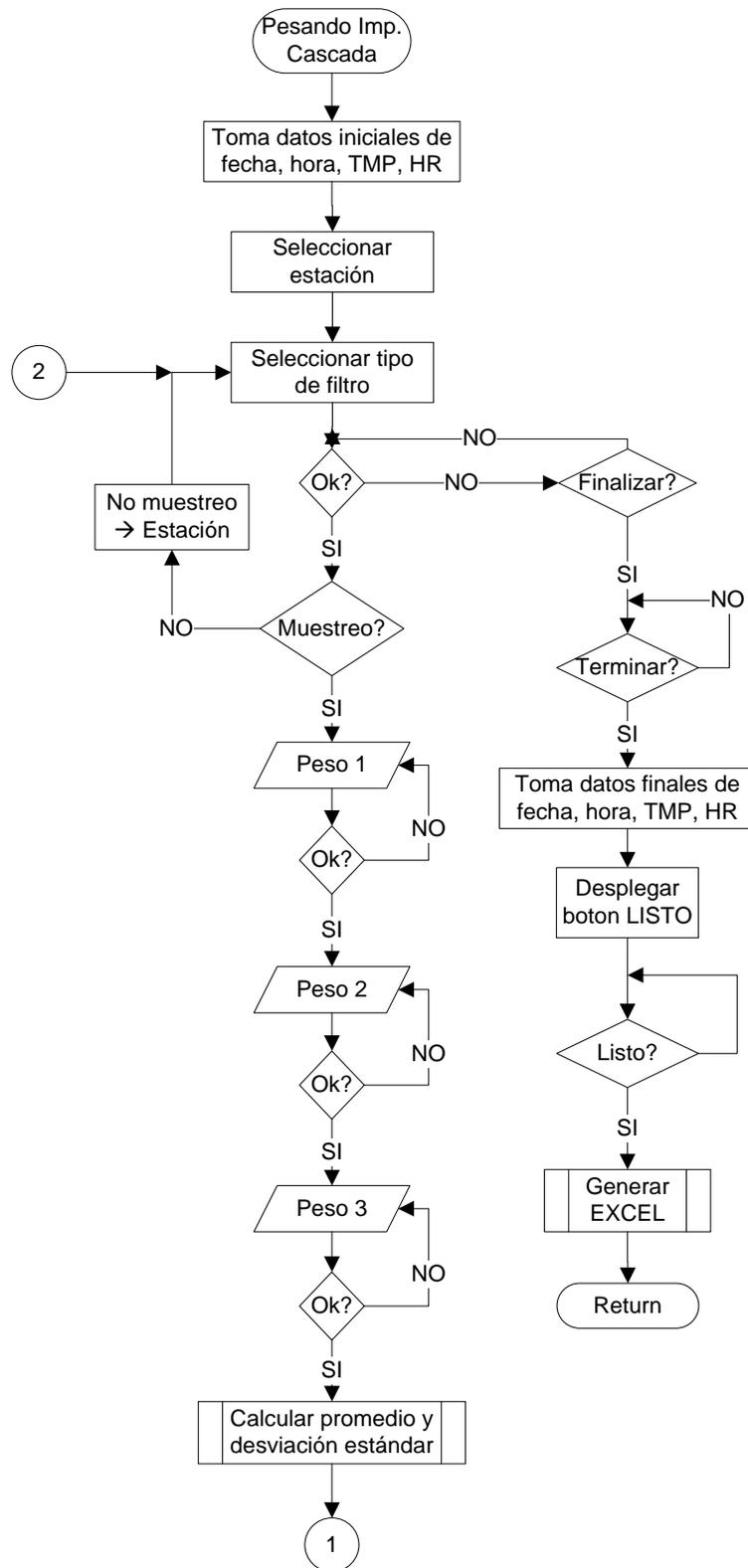


Figura 3.37. Botón LISTO

3.4.2. FILTROS IMPACTADORES DE CASCADA

Luego de realizar la configuración del puerto serial para las balanzas, así como la toma de datos de Inicio y Fin antes y después del muestreo, tal como se indicó la

configuración para el filtro PM10-PTS, viene la toma de pesos de los filtros de impactadores de cascada, tal como indica el diagrama de flujos de la Figura 3.38.



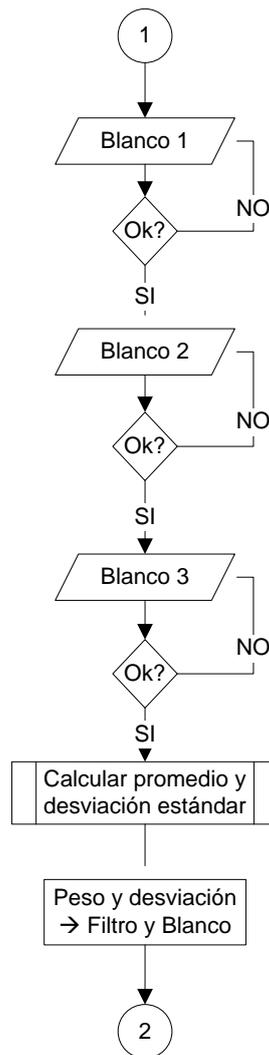


Figura 3.38. Pesando Imp. Cascada

Como se indico anteriormente, al presionar el botón Iniciar, indicamos al programa que se va a iniciar el pesaje y los campos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %, son llenados.

Para realizar el pesaje de los filtros de impactadores de cascada, primero se debe seleccionar la estación, segundo el tipo de filtro, y luego de haber seleccionado estas dos opciones hacemos clic en el botón OK, como indica la Figura 3.39.

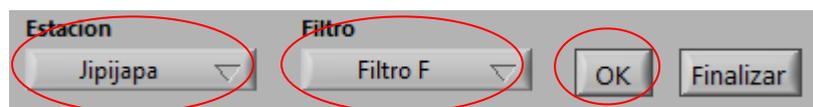


Figura 3.39. Selección de filtros

Luego de haber hecho clic el botón OK al haber seleccionado la estación, se despliega un mensaje de texto con la pregunta “Muestreó?”, y con dos opciones de respuesta mostrado en la Figura 3.40. Cuando el filtro no ha muestreado en la estación, los valores de peso y desviación estándar son llenados con la palabra “No muestreó” y se procede a seleccionar otro tipo de filtro o a finalizar el pesaje.

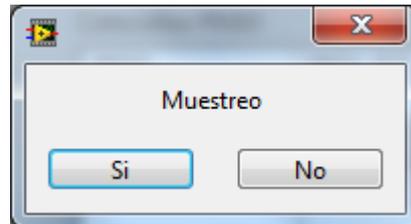


Figura 3.40. Muestreo

Si la estación ha muestreado, se deben tomar 3 pesos de la balanza por cada tipo de filtro, haciendo clic en el botón  de la balanza y el peso que muestra la pantalla de la balanza será enviado por el puerto serial y aparecerá en el cuadro de texto Peso 1. Si el operador considera que el peso no es correcto puede enviar nuevamente el peso de la balanza al computador, y cuando esté de acuerdo presionar el botón OK de la parte de los filtros. Este procedimiento se debe realizar 3 veces. Luego del tercer peso que se ha seleccionado, se calcula el peso promedio y la desviación estándar, para esto se utilizan funciones propias del LABVIEW que calculan directamente el promedio y la desviación de un arreglo ingresado, en este caso, de un arreglo de 3 números. Adicionalmente, en este tipo de filtros se debe pesar con cada filtro muestreado un filtro blanco de laboratorio, y para esto se repite el procedimiento en la toma de 3 pesos para el cálculo del peso promedio del filtro blanco y de su desviación estándar. En la Figura 3.41 se indica la tabla de los filtros de impactadores de cascada que se va creando con los pesos del filtro y del blanco.

The screenshot shows a software window titled "PESOS". On the left side, there are three input fields labeled "Peso 1", "Peso 2", and "Peso 3", and an "OK" button below them. On the right side, there are three filter sections: "Filtro F", "Filtro 7", and "Filtro 6". Each filter section contains a table with columns for "PESO" and "DESV. EST.", and a "Blanco" button.

Figura 3.41. Tabla impactadores de cascada

El peso promedio y la desviación estándar llena el campo del filtro seleccionado y del blanco, y posteriormente se puede seleccionar otra filtro tomando en cuenta que debe ser de la misma estación.

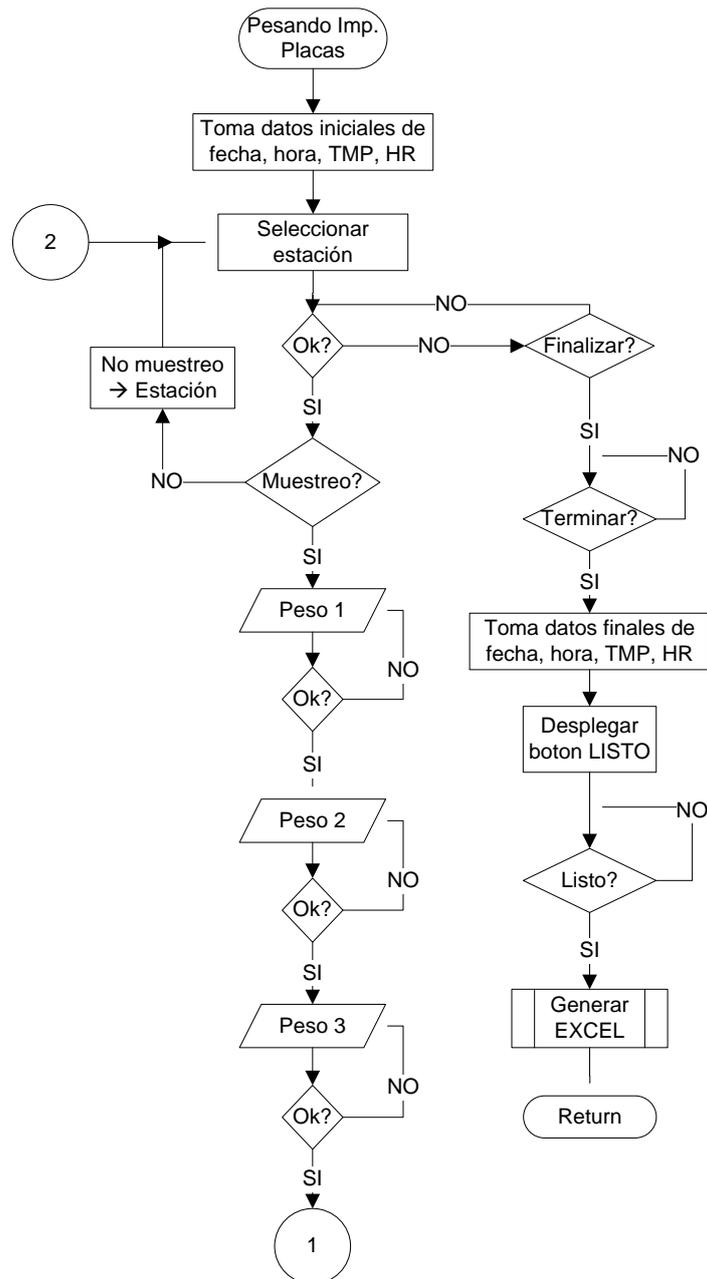
Si en cualquier momento del pesaje de los filtros se desea finalizar, se hace clic en el botón Finalizar, posteriormente se debe hacer clic en el botón Terminar del *Tab Control* FINAL para que la computadora almacene los datos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %. Se despliega un botón adicional como lo indica la Figura 3.42, con el cual vamos a generar el archivo en Excel de los datos pesados, y finalmente regresamos al menú de la Figura 3.26 donde se puede escoger la opción para pesar una nueva campaña o regresar al menú de filtros para seleccionar otro tipo de filtro que se desea pesar.



Figura 3.42. Botón LISTO

3.4.3. FILTROS IMPACTADORES DE PLACAS

Luego de realizar la configuración del puerto serial para las balanzas, así como la toma de datos de Inicio y Fin antes y después del muestreo, tal como se indicó la configuración para el filtro PM10-PTS, viene la toma de pesos de los filtros de impactadores de placas, tal como indica el diagrama de flujos de la Figura 3.43.



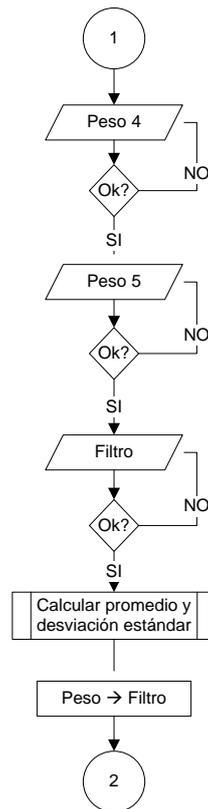


Figura 3.43. Pesando Imp. Placas

Como se indico anteriormente, al presionar el botón Iniciar, indicamos al programa que se va a iniciar el pesaje y los campos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %, son llenados.

Para realizar el pesaje de los filtros de impactadores de placas, primero se debe seleccionar la estación, y luego se debe hacer clic en el botón OK, como indica la Figura 3.44.



Figura 3.44. Selección de estación

Luego de haber hecho clic el botón OK al haber seleccionado la estación, se despliega un mensaje de texto con la pregunta “Muestreó?”, y con dos opciones de respuesta mostrado en la Figura 3.45. Cuando el filtro no ha muestreado en la estación, el valor de peso es llenado con la palabra “No muestreó” y se procede a seleccionar otra estación o a finalizar el pesaje.

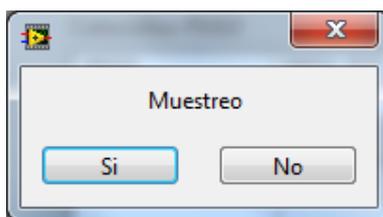
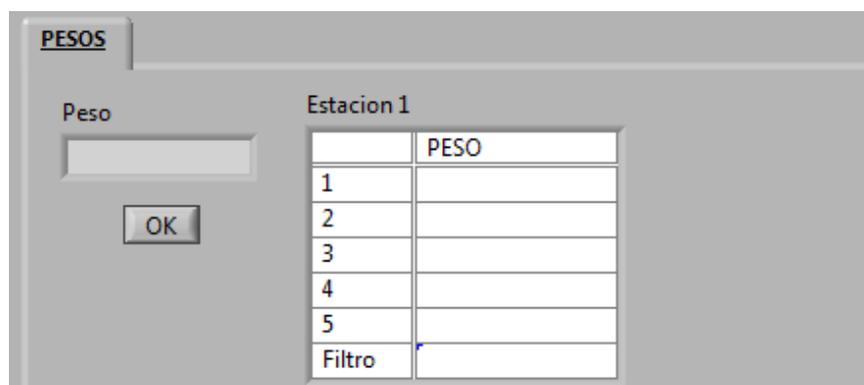


Figura 3.45. Muestreo

Si la estación ha muestreado, se deben tomar 6 pesos de la balanza, haciendo clic en el botón  de la balanza y el peso que muestra la pantalla de la balanza será enviado por el puerto serial y aparecerá en el cuadro de texto Peso. Si el operador considera que el peso no es correcto puede enviar nuevamente el peso de la balanza al computador, y cuando esté de acuerdo presionar el botón OK de la parte de los filtros. Este procedimiento se debe realizar 6 veces para este tipo de filtro. Luego del sexto peso que se ha seleccionado, se debe escoger otra estación ya que el muestreo de los impactadores de placas se realizan en dos estaciones en la misma campaña. En la Figura 3.46 se indica la tabla de los filtros de impactadores de placas que se va creando con los pesos del filtro.

A screenshot of a software interface. At the top left, there is a tab labeled "PESOS". Below it, there is a text input field labeled "Peso" and an "OK" button. To the right, there is a section titled "Estacion 1" containing a table with 6 rows and 2 columns. The first column contains the numbers 1 through 5, and the last row is labeled "Filtro". The second column is labeled "PESO".

	PESO
1	
2	
3	
4	
5	
Filtro	

Figura 3.46. Tabla impactadores de placas

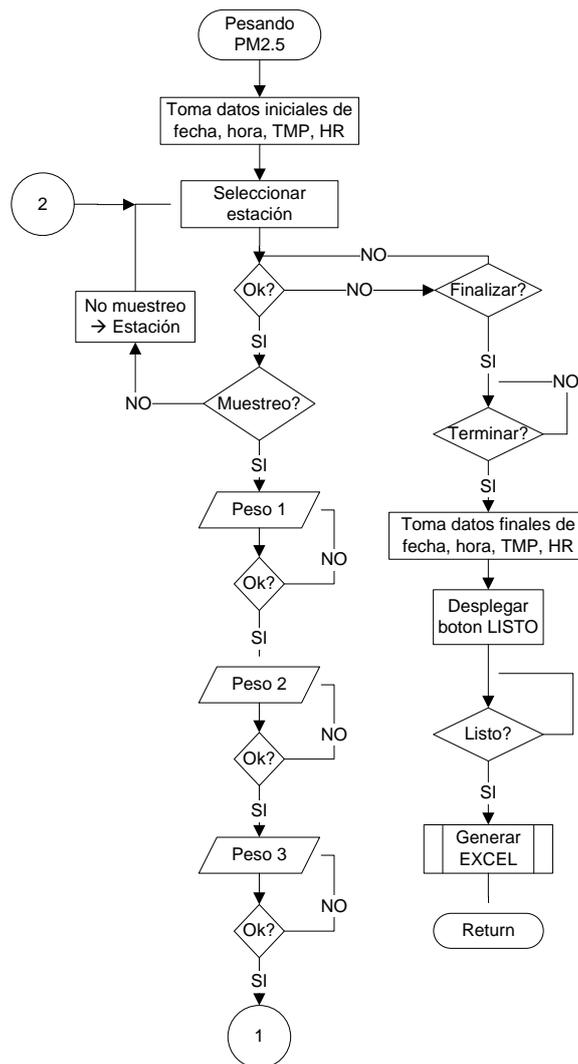
Si en cualquier momento del pesaje de los filtros se desea finalizar, se hace clic en el botón Finalizar, posteriormente se debe hacer clic en el botón Terminar del Tab Control FINAL para que la computadora almacene los datos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %. Se despliega un botón adicional como lo indica la Figura 3.47, con el cual vamos a generar el archivo en Excel de los datos pesados, y finalmente regresamos al menú de la Figura 3.26 donde se puede escoger la opción para pesar una nueva campaña o regresar al menú de filtros para seleccionar otro tipo de filtro que se desea pesar.



Figura 3.47. Botón LISTO

3.4.4. FILTROS PM2.5

Luego de realizar la configuración del puerto serial para las balanzas, así como la toma de datos de Inicio y Fin antes y después del muestreo, tal como se indicó la configuración para el filtro PM10-PTS, viene la toma de pesos de los filtros de impactadores de cascada, tal como indica el diagrama de flujos de la Figura 3.48.



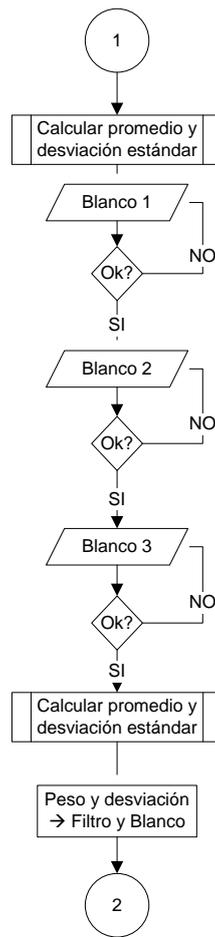


Figura 3.48. Pesando PM2.5

Como se indico anteriormente, al presionar el botón Iniciar, indicamos al programa que se va a iniciar el pesaje y los campos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %, son llenados.

Para realizar el pesaje de los filtros de impactadores de placas, se debe seleccionar la estación, y luego de debe hacer clic en el botón OK, como indica la Figura 3.49.



Figura 3.49. Selección de estación

Luego de haber hecho clic el botón OK al haber seleccionado la estación, se despliega un mensaje de texto con la pregunta “Muestreó?”, y con dos opciones de respuesta mostrado en la Figura 3.50. Cuando el filtro no ha muestreado en la estación, los

valores de peso y desviación estándar son llenados con la palabra “No muestreó” y se procede a seleccionar otro tipo de filtro o a finalizar el pesaje.

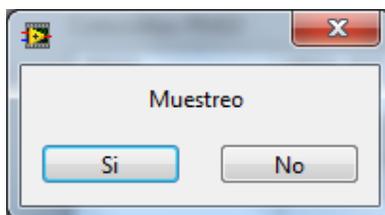


Figura 3.50. Muestreo

Si la estación ha muestreado, se deben tomar 3 pesos de la balanza por cada tipo de filtro, haciendo clic en el botón  de la balanza y el peso que muestra la pantalla de la balanza será enviado por el puerto serial y aparecerá en el cuadro de texto Peso 1. Si el operador considera que el peso no es correcto puede enviar nuevamente el peso de la balanza al computador, y cuando esté de acuerdo presionar el botón OK de la parte de los filtros. Este procedimiento se debe realizar 3 veces. Luego del tercer peso que se ha seleccionado, se calcula el peso promedio y la desviación estándar, para esto se utilizan funciones propias del LABVIEW que calculan directamente el promedio y la desviación de un arreglo ingresado, en este caso, de un arreglo de 3 números. Adicionalmente, en este tipo de filtros se debe pesar con cada filtro muestreado un filtro blanco de laboratorio, y para esto se repite el procedimiento en la toma de 3 pesos para el cálculo del peso promedio del filtro blanco y de su desviación estándar. En la Figura 3.51 se indica la tabla de los filtros de PM2.5 que se va creando con los pesos del filtro y del blanco.

A screenshot of a software interface titled "PESOS". On the left, there are three text input fields labeled "Peso 1", "Peso 2", and "Peso 3". On the right, there are two tables. The first table is titled "Belisario" and has three rows: a header row with "PESO" and "DESV. EST.", a blank row, and a row labeled "Blanco". The second table is titled "Cotocollao" and has the same structure: a header row with "PESO" and "DESV. EST.", a blank row, and a row labeled "Blanco".

Figura 3.51. Tabla impactadores de cascada

El peso promedio y la desviación estándar llena el campo del filtro seleccionado y del blanco, y posteriormente se puede seleccionar otra filtro tomando en cuenta que debe ser de la misma estación.

Si en cualquier momento del pesaje de los filtros se desea finalizar, se hace clic en el botón Finalizar, posteriormente se debe hacer clic en el botón Terminar del Tab Control FINAL para que la computadora almacene los datos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %. Se despliega un botón adicional como lo indica la Figura 3.52, con el cual vamos a generar el archivo en Excel de los datos pesados, y finalmente regresamos al menú de la Figura 3.26 donde se puede escoger la opción para pesar una nueva campaña o regresar al menú de filtros para seleccionar otro tipo de filtro que se desea pesar.



Figura 3.52. Botón LISTO

3.5. BASE DE DATOS

3.5.1. GENERACIÓN A EXCEL

Para generar los archivos en Excel luego de haber realizado el pesaje de los filtros, se sigue un procedimiento similar para los cuatro tipos de filtros, difiriendo la parte en la que se crea la tabla de pesos de los filtros.

Cabe recalcar que para generar el archivo en Excel, con los pesos de los filtros, se debe tomar en cuenta el nombre del archivo, si es un archivo guardado anteriormente y la fecha en la cual se realizó el muestreo.

El diagrama de flujos de la generación a Excel general de los filtros, está representado en la Figura 3.53.

Al generar un archivo de Excel, primero verificamos si el pesaje de los filtros se realizó antes o después del muestreo.

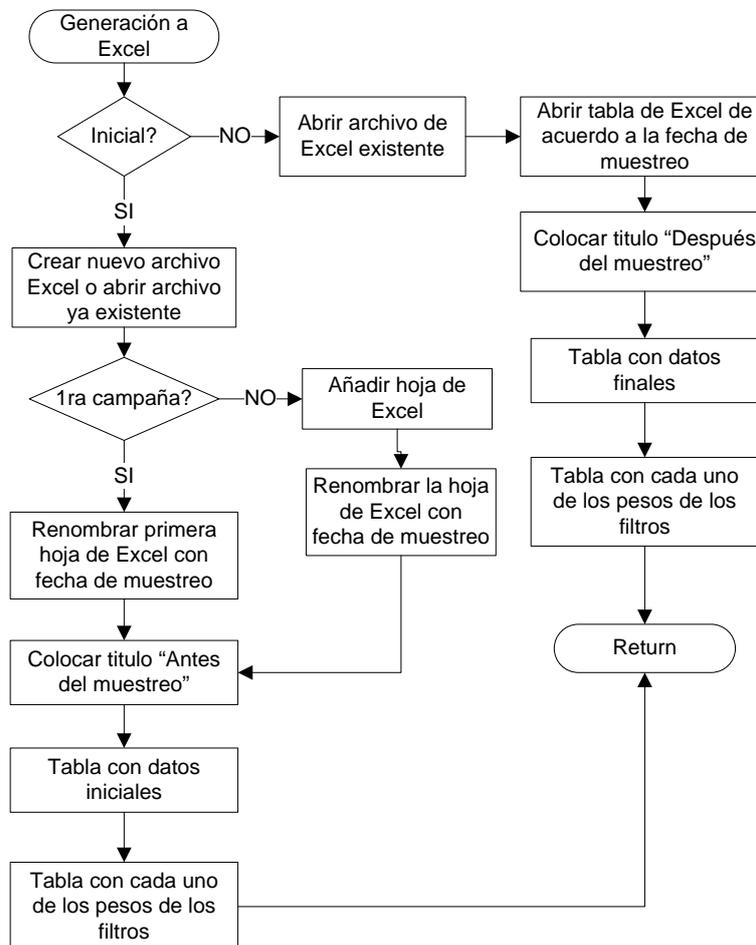


Figura 3.53. Generación a Excel

Si se realizó antes del muestreo, se procede a crear un archivo con el nombre especificado por el operador en el caso de no haber un archivo guardado con anterioridad, o se abre el archivo existente. Si es la primera campaña que se está pesando, se renombra la primera hoja del archivo de Excel con la fecha del muestreo. En esta hoja, se coloca el título “Antes del muestreo”, se inserta la tabla inicial con los datos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %, obtenidos en la parte del pesaje de los filtros, y finalmente se inserta la tabla con cada uno de los pesos de los filtros.

Si el pesaje se realizó después del muestreo, se abre el archivo del nombre especificado, y luego se abre la hoja del archivo de Excel abierto de acuerdo a la fecha de muestreo. En esta hoja, se coloca el título “Después del muestreo”, se inserta la tabla final

con los datos de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %, obtenidos en la parte del pesaje de los filtros, y finalmente se inserta la tabla con cada uno de los pesos de los filtros.

Como se indicó al inicio de este tema, la parte que difiere en cada tipo de filtros al generar el archivo de Excel, es la obtención de la tabla que contiene los pesos de los filtros, por lo que se va a detallar cada tipo de filtro individualmente.

A continuación, se explica el procedimiento utilizado en LABVIEW para la generación de los datos en Excel.

En la Figura 3.54, se indica el primer bloque para generar los datos en Excel. En la primera parte se encuentra una variable booleana que contiene un valor de verdadero, si el pesaje se realizó antes del muestreo y un valor de falso si el pesaje se realizó después del muestreo. Además una variable con el nombre del archivo y otra tipo cadena con la fecha del muestreo. En este caso primero se explicará cuando el pesaje se realizó antes del muestreo.

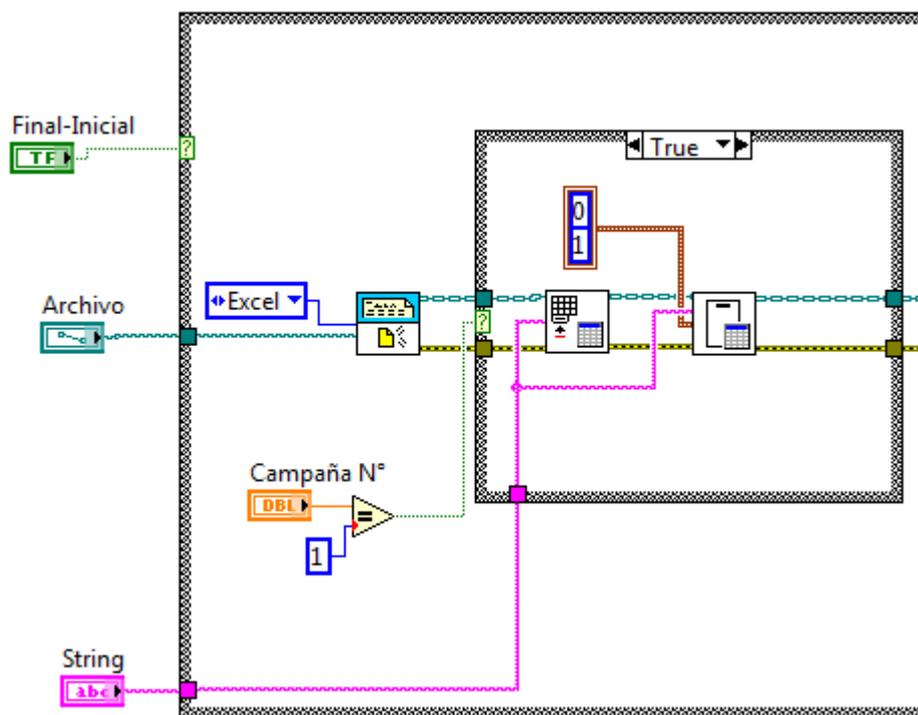


Figura 3.54. Primer bloque generación a Excel Antes del muestreo 1

Dentro de la estructura Case, primero creamos un nuevo reporte de Excel con el VI llamado “*New Report VI*”. Posteriormente verifica si es la primera campaña o no. En la

Figura 3.54, se toma como referencia el caso de que es la primera campaña. Se utiliza el VI “*Excel Rename Worksheet VI*” para renombrar la primera hoja del archivo de Excel con la fecha de muestreo y posteriormente se pone como título principal la misma fecha de muestreo al inicio en la primera fila de la hoja de Excel con la función “*Excel Easy Title VI*”. En esta función se debe indicar la fila y la columna en la que se desea colocar el título. Cabe mencionar que las coordenadas que ingresamos inician en (0,0) que en la hoja de Excel corresponderían a A1.

Si no fuera la primera campaña, tal como indica la Figura 3.55, primero se añade una nueva hoja al archivo de Excel con la función “*Excel Add Worksheet VI*”. Posteriormente se procede de la misma manera que se hizo en el caso de la primera campaña; se renombra la hoja de Excel y se pone de título la fecha de muestreo.

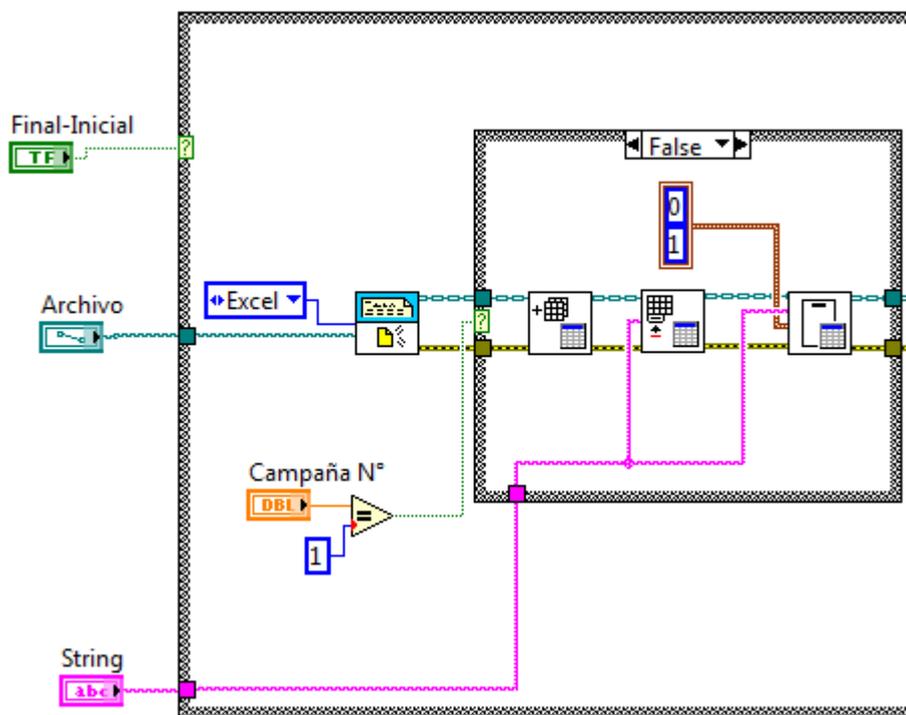


Figura 3.55. Primer bloque generación a Excel Antes del muestreo 2

Cuando ya estemos en la hoja de cálculo del archivo de Excel, después del título, se usa la función “*Excel Easy Text VI*” para poner como subtítulo “*Antes del muestreo*”. Adicionalmente en esta función se debe indicar el inicio y fin del texto a colocarse; en este caso, como es un texto corto, apenas usamos 3 columnas y una fila.

Luego se debe insertar la tabla que contiene los datos iniciales de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %, que se tomaron el momento de iniciar el pesaje de los filtros. Para esto se utiliza la función “*Excel Easy Table VI*”, en donde se debe indicar las coordenadas de origen de la tabla y el arreglo donde están guardados los datos, así como también los nombres de filas y columnas.

Adicionalmente, en los filtros de impactadores de cascada e impactadores de placas se incluye el nombre de la estación en la cual se realizó el muestreo. Esto no ocurre en los filtros de PM10-PTS y PM2.5 ya que las estaciones ya están indicadas en la tabla donde se almacenan los pesos.

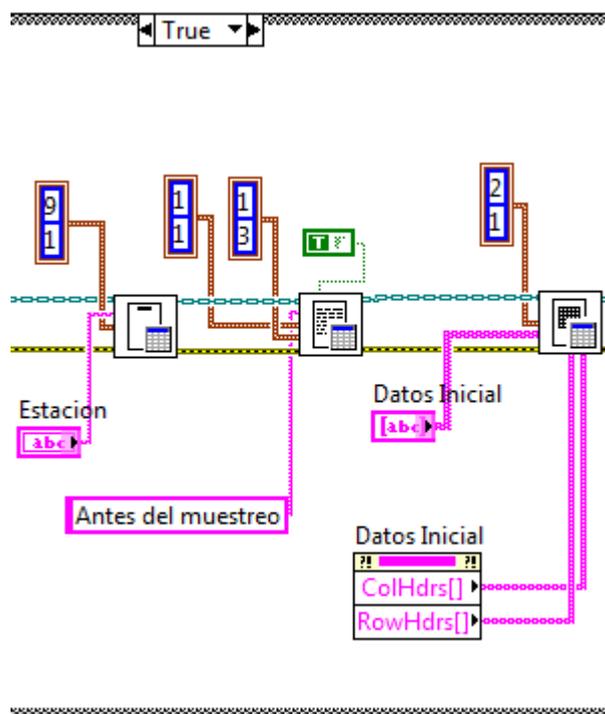


Figura 3.56. Segundo bloque generación a Excel Antes del muestreo

Posteriormente viene la obtención de la tabla que contiene los pesos de los filtros. Esto como se indicó con anterioridad, se lo va a detallar cada tipo de filtro individualmente.

En el caso que el pesaje se haya realizado después del muestreo, luego de usar la función “*New Report VI*”, usamos la función “*Excel Get Worksheet VI*”, la cual nos sirve para abrir un archivo guardado con anterioridad y así poder tener los datos guardados. Se indica el nombre de la hoja del archivo de Excel mediante la fecha de muestreo.

Luego se procede de la misma manera que se hizo cuando eran los datos antes del muestreo. Se escribe un subtítulo “Después del muestreo” junto a la tabla “Antes del muestreo”; por esta razón cambian las coordenadas de las columnas pero no las de las filas, y seguido de este los datos finales de: Iniciales, Hora, Fecha, TMP °C y HR %, cambiando de igual manera las coordenadas de columnas mas no las de filas.

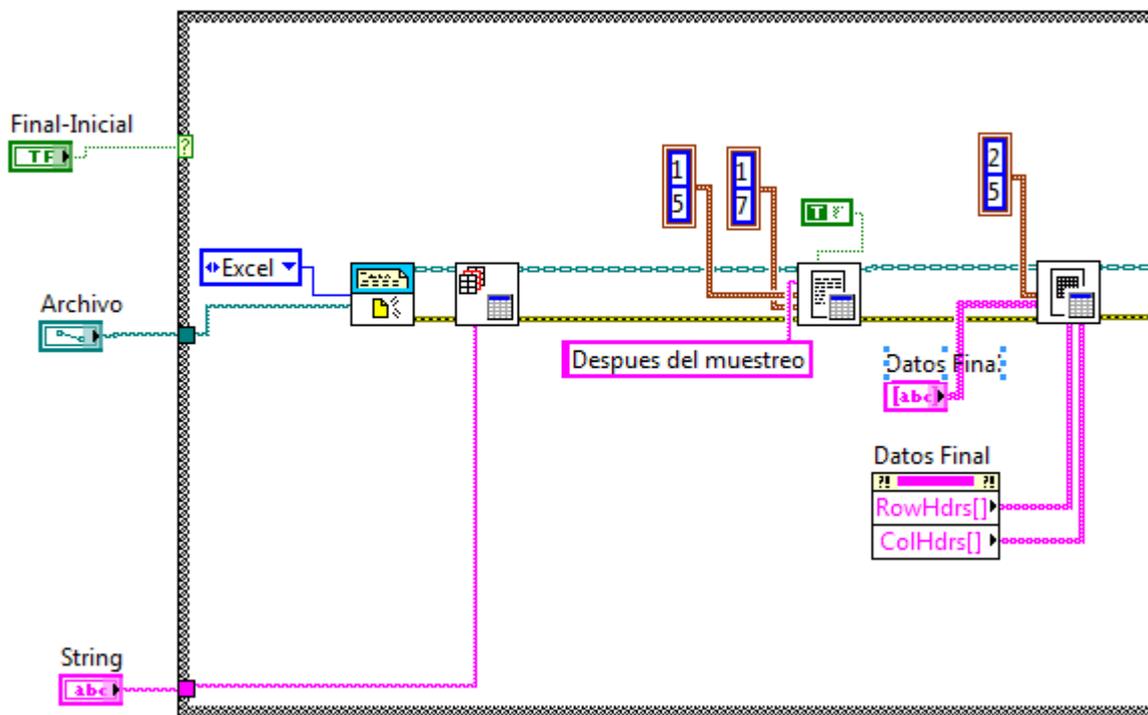


Figura 3.57. Primer bloque generación a Excel Después del muestreo

Igual que en el caso de los datos obtenidos antes del muestreo, el bloque siguiente es el de las tablas que contienen los pesos de los filtros.

- **Filtros PM10-PTS**

Para los filtros de PM10-PTS, se almacena los pesos por cada estación en un arreglo independiente. Cada campaña de muestreo de filtros PM10-PTS, incluyen 14 estaciones, por lo que se debe utilizar una estructura *For* y dentro de ésta, una estructura *Case* tal como se muestra en la Figura 3.58.

La estructura *For* está definida para 14 iteraciones ya que como se indicó ese es el número de estaciones. En la estructura *Case*, cada “caso” es encargado de crear una tabla con la función “*Excel Easy Table VP*” con el peso correspondiente a cada una de las

estaciones. Cada nuevo caso, añade una nueva tabla de 1 fila y 2 columnas, una a continuación de otra, siendo las coordenadas de las filas las que se deben cambiar para que se inserte una tabla a continuación de la anterior.

Para el caso de los datos después del muestreo, se toma en cuenta la variación de la columna para que esté al frente de los datos antes del muestreo, y de igual manera debe permanecer constante para cada fila este último bloque de generación a Excel.

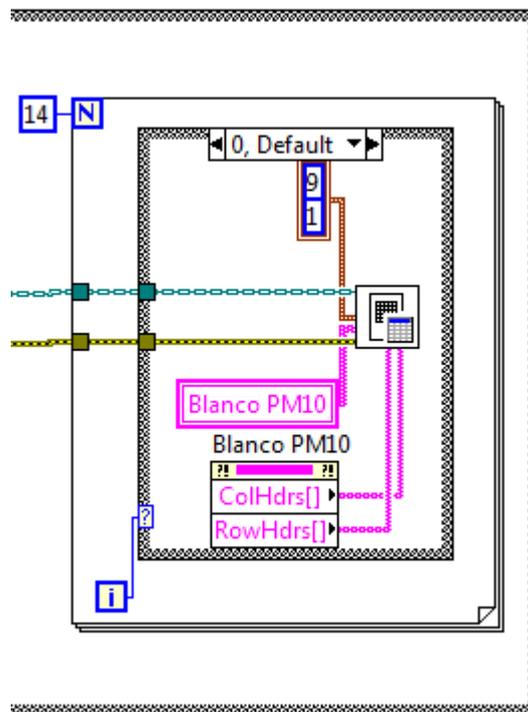


Figura 3.58. Bloque final generación a Excel PM10-PTS

- **Filtros Impactadores de Cascada**

Para los filtros de impactadores de cascada, se almacena los pesos por cada estación en un arreglo independiente. Cada campaña de muestreo de filtros impactadores de cascada, incluyen 9 tipos de filtros, por lo que se debe utilizar una estructura *For* y dentro de ésta, una estructura *Case* tal como se muestra en la Figura 3.59.

La estructura *For* está definida para 9 iteraciones ya que como se indicó ese es el número de filtros. En la estructura *Case*, cada “caso” es encargado de crear una tabla con la función “*Excel Easy Table VI*” con el peso correspondiente a cada uno de los filtros. Cada

nuevo caso, añade una nueva tabla de 1 fila y 2 columnas, una a continuación de otra, siendo las coordenadas de las filas las que se deben cambiar para que se inserte una tabla a continuación de la anterior.

Para el caso de los datos después del muestreo, se toma en cuenta la variación de la columna para que esté al frente de los datos antes del muestreo, y de igual manera debe permanecer constante para cada fila este último bloque de generación a Excel.

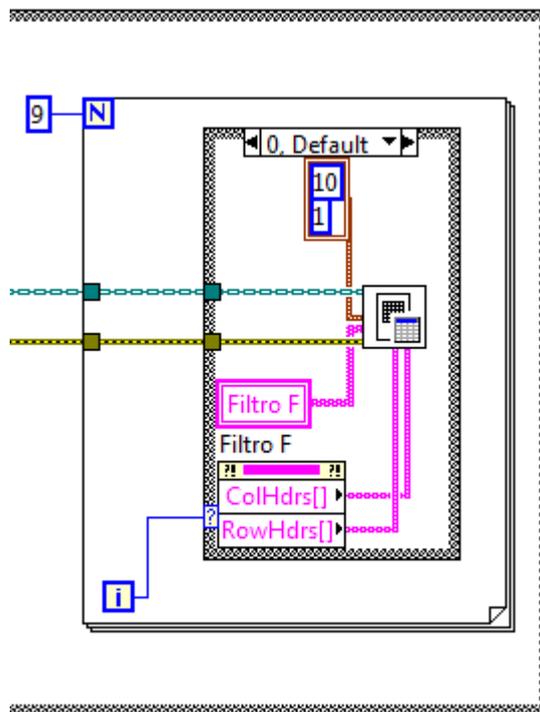


Figura 3.59. Bloque final generación a Excel Impactadores Cascada

- **Filtros Impactadores de Placas**

Para los filtros de impactadores de placas, se almacena los pesos por cada estación en un arreglo independiente. Cada campaña de muestreo de filtros de impactadores de placas, incluyen 2 estaciones, por lo que se debe utilizar una estructura *For* y dentro de ésta, una estructura *Case* tal como se muestra en la Figura 3.60.

La estructura *For* está definida para 2 iteraciones ya que como se indicó ese es el número de estaciones. En la estructura *Case*, cada “caso” es encargado de crear una tabla con la función “*Excel Easy Table VP*” con el peso correspondiente a cada una de las

estaciones. Cada nuevo caso, añade una nueva tabla de 1 fila y 2 columnas, una a continuación de otra, siendo las coordenadas de las filas las que se deben cambiar para que se inserte una tabla a continuación de la anterior.

Para el caso de los datos después del muestreo, se toma en cuenta la variación de la columna para que esté al frente de los datos antes del muestreo, y de igual manera debe permanecer constante para cada fila este último bloque de generación a Excel.

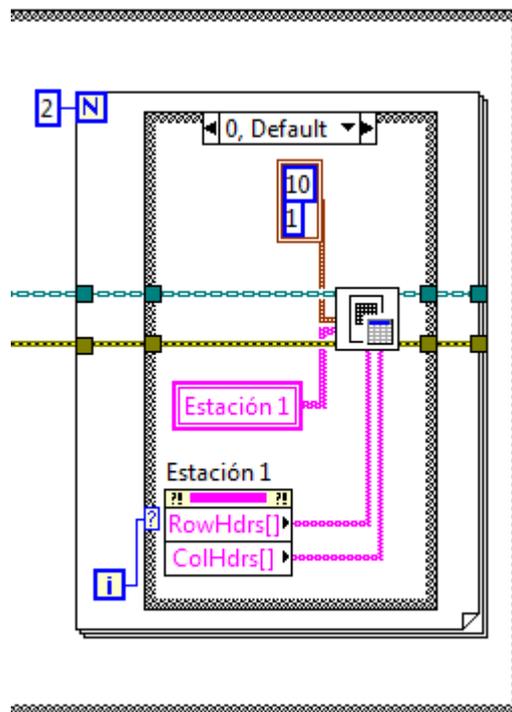


Figura 3.60. Bloque final generación a Excel Impactadores Placas

- **Filtros PM2.5**

Para los filtros de PM2.5, se almacena los pesos por cada estación en un arreglo independiente. Cada campaña de muestreo de filtros PM2.5, incluyen 2 estaciones, por lo que se debe utilizar una estructura *For* y dentro de ésta, una estructura *Case* tal como se muestra en la Figura 3.61.

La estructura *For* está definida para 2 iteraciones ya que como se indicó ese es el número de estaciones. En la estructura *Case*, cada “caso” es encargado de crear una tabla con la función “*Excel Easy Table VI*” con el peso correspondiente a cada una de las

estaciones. Cada nuevo caso, añade una nueva tabla de 1 fila y 2 columnas, una a continuación de otra, siendo las coordenadas de las filas las que se deben cambiar para que se inserte una tabla a continuación de la anterior.

Para el caso de los datos después del muestreo, se toma en cuenta la variación de la columna para que esté al frente de los datos antes del muestreo, y de igual manera debe permanecer constante para cada fila este último bloque de generación a Excel.

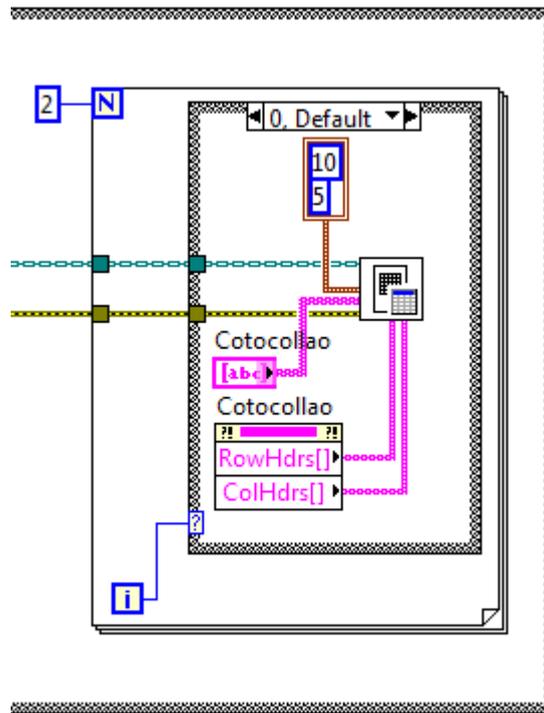


Figura 3.61. Bloque final generación a Excel PM2.5

3.5.2. LECTURA DE DATOS DE EXCEL

A más de generar un archivo de Excel con los pesos obtenidos, también necesitamos leer pesos guardados con anterioridad si se desea hacer algún cambio en los datos o añadir algún peso faltante.

Cuando se realiza el pesaje de los filtros después del muestreo, se muestran los pesos obtenidos en el pesaje antes del muestreo, para que de esta manera el operador pueda verificar que los pesos estén correctos, ya que por variaciones de humedad, en ocasiones

los pesos finales suelen ser menores a los pesos iniciales, lo cual es totalmente erróneo, ya que los pesos finales debe ser mayor ya que es el peso del filtro luego de haber muestreado.

La Figura 3.62 muestra el diagrama de flujos de la obtención de datos de un archivo Excel guardado con anterioridad.

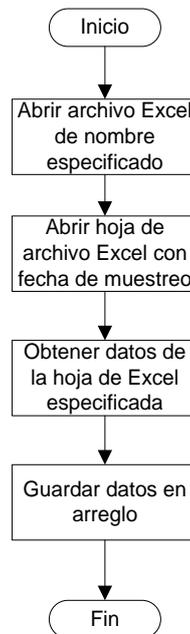


Figura 3.62. Diagrama de flujos Lectura de datos Excel

Primero se debe especificar el nombre y la ruta del archivo de Excel que se desea leer los datos. Adicionalmente se necesita el nombre de la hoja de cálculo de Excel, que en nuestro caso será la fecha del muestreo, para esto se utiliza la función “*Excel Get Worksheet VI*”, tal como muestra la Figura 3.63.

A continuación viene la obtención de los datos propiamente dicha. Para la obtención de los datos se utiliza la función “*Excel Get Data VI*”, la cual devuelve los datos de la hoja de cálculo del archivo de Excel especificado de acuerdo a un rango de coordenadas definidas. Adicionalmente se debe especificar el tipo de dato que se va a obtener, en este caso es tipo cadena, y se guarda estos datos en arreglos, cada uno por el tipo de estación.

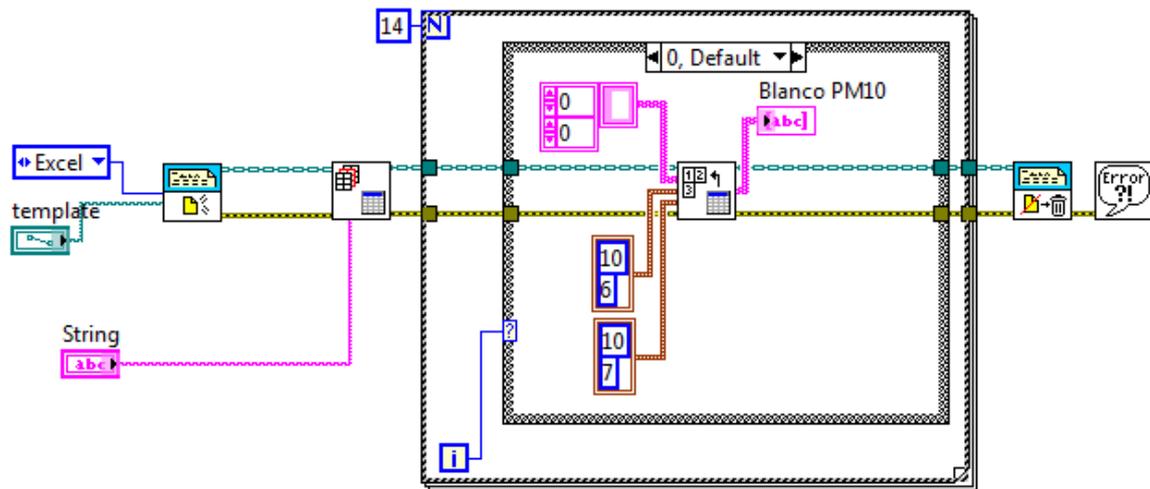


Figura 3.63. Diagrama LABVIEW Lectura de datos Excel

La estructura *For*, es definida de acuerdo al tipo de filtros que se está trabajando, del mismo modo que se hizo en la generación de datos.

3.6. CONTROL AUTOMÁTICO DE HUMEDAD

Como se indicó en capítulos anteriores, el control automático de humedad se realizará manejando automáticamente el humidificador y deshumidificador, así como también el manejo de dos luces piloto que indicarán el promedio de la humedad relativa de las últimas 48 horas que se han almacenado en el *Datalogger*.

Si el *Datalogger* marca una humedad relativa inferior al 45% se debe encender el humidificador hasta que este alcance el 50% de humedad relativa. Si está sobre los 55% de humedad relativa, se debe encender el deshumidificador hasta que la misma alcance los 50%. De esta manera se tratará de estabilizar la humedad relativa en un promedio de 50%.

En cualquiera de los dos casos, al llegar al 50% de humedad relativa, se apagarán tanto el humidificador y el deshumidificador hasta que nuevamente supere los límites superior e inferior permitidos.

El diagrama de bloques de la Figura 3.64, muestra el diagrama de flujos del control automático de humedad de la sala de balanzas.

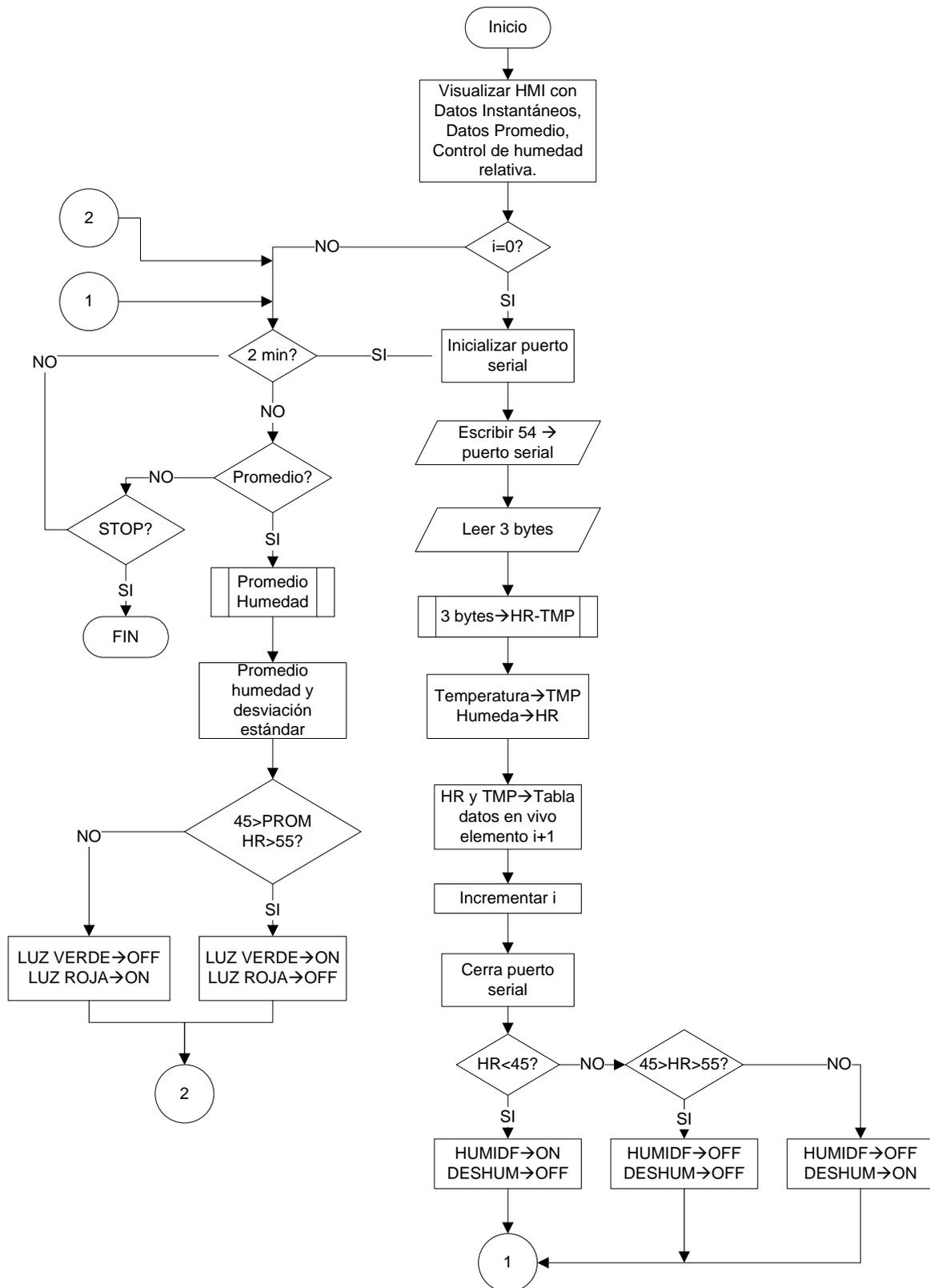


Figura 3.64. Diagrama de flujos del control automático de humedad

Cuando se inicia el programa se visualiza el HMI (Interfaz Humano-Máquina) la cual muestra los datos instantáneos de humedad relativa y temperatura, los datos de la

antes de cerrar el puerto serial, se incrementa el valor de i en uno para la siguiente iteración. Finalmente se cierra el puerto serial.

Luego de haber cerrado el puerto serial, con el valor obtenido y almacenado en HUMEDAD RELATIVA %, se procede a realizar el control automático del humidificador y del deshumidificador. Si el valor de la humedad relativa es igual o inferior a 45% se enciende el humidificador y se apaga el deshumidificador. Si el valor de humedad relativa se encuentra dentro del rango de 45% a 55% se mantienen apagados los dos equipos. Y si el valor de la humedad relativa es igual o superior a 55% se enciende el deshumidificador y se apaga el humidificador.

Cuando está encendido tanto el humidificador, como el deshumidificador, estos se procederán a pagar cuando lleguen al 50% de humedad relativa, es decir, no se apagaran instantáneamente.

Para el manejo del humidificador se crea una variable booleana llamada HUMIDIFICADOR, que es la que se encargará de enviar un valor de 1 (*TRUE*) o 0 (*FALSE*) si se desea encender o apagar el humidificador respectivamente.

Como se va a tener tres casos, se utiliza la opción de crear un arreglo de booleanos y posteriormente convertir el arreglo booleano a un número, como muestra la Figura 3.66.

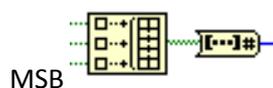


Figura 3.66. Arreglo de bits a número decimal

De acuerdo a las 3 entradas presentes, la transformación será la que se muestra en la Tabla 3.3. El bit que ingresa en la parte superior es el menos significativo, mientras que el que ingresa en la parte inferior es el más significativo.

Entrada (binario)	Salida (número)	Función
0 0 1	1	Apagar humidificador
0 1 0	2	Encender humidificador

1 0 0	4	Apagar humidificador
-------	---	----------------------

Tabla 3.3. Acciones del humidificador

En la Figura 3.67, se verifica si el valor de HUMEDAD RELATIVA % es mayor a 54, y en este caso siempre se mantendrá apagado el humidificador.

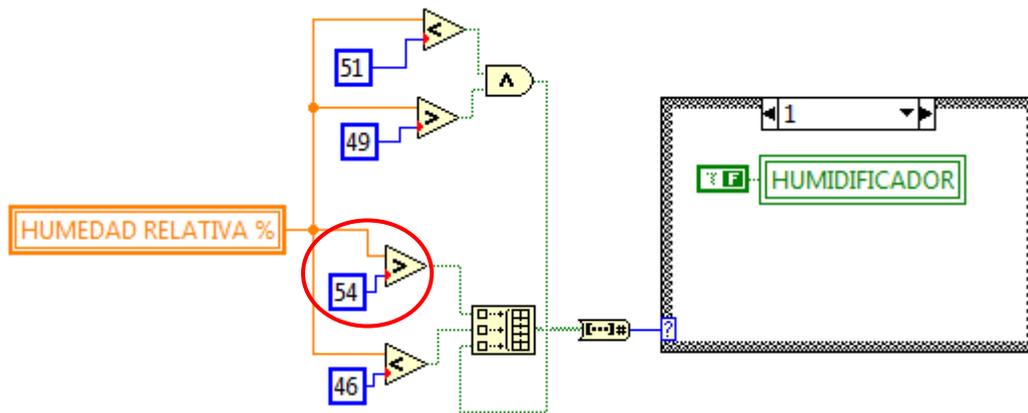


Figura 3.67. Humedad relativa 1

En la Figura 3.68, se verifica si el valor de HUMEDAD RELATIVA % es menor a 46. Cuando el valor alcance los 45% de humedad relativa se encenderá el humidificador.

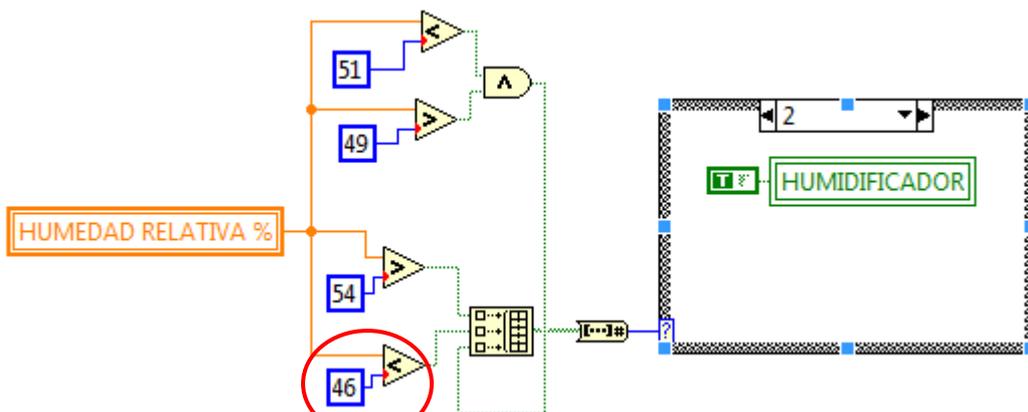


Figura 3.68. Humedad relativa 2

En el caso de que el humidificador haya sido encendido, se debe garantizar que llegue al 50% de humedad relativa antes de apagar el humidificador.

En la Figura 3.69, se garantiza esta situación, ya que se verifica que el valor de HUMEDAD RELATIVA % este dentro del rango de 49% a 51% para proceder a apagar el humidificador. Se toma este rango ya que la lectura se realiza cada 2 minutos y el valor de humedad relativa no siempre llegará exactamente al 50%. Mientras el valor se mantenga dentro del rango de 46% a 49% no se pagará el humidificador.

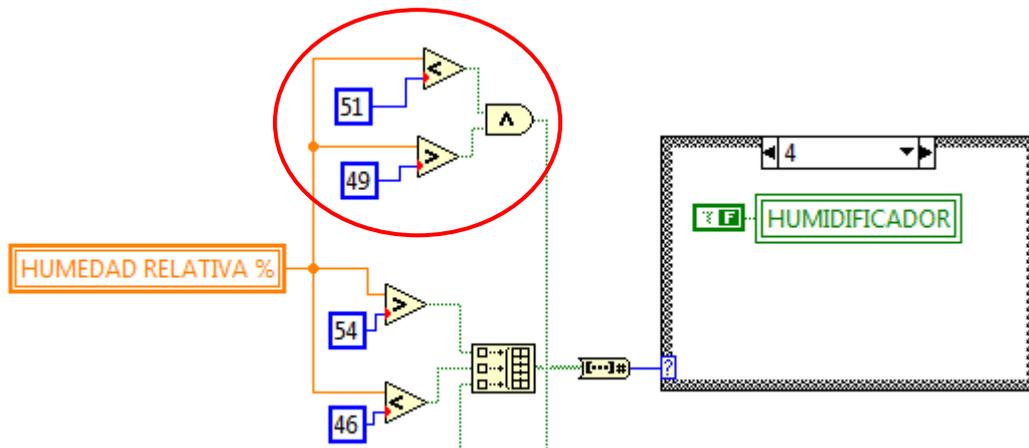


Figura 3.69. Humedad relativa 3

La variable booleana HUMIDIFICADOR que se utiliza en los casos 1, 2 y 4, se transforma en un arreglo unitario y se envía a la tarjeta de adquisición de datos, tal como se indica en la Figura 3.70.



Figura 3.70. Humidificador

Para el manejo del deshumidificador, al igual que en el caso del humidificador, se crea una variable booleana llamada DESHUMIDIFICADOR, que es la que indicará si el deshumidificador está encendido o apagado. En este caso se debe utilizar una variable auxiliar llamada DES PULSO, ya que el deshumidificador funciona con un pulso tanto para encenderse como para apagarse, es decir, con el mismo pulso.

La Figura 3.71, muestra el bloque que es el encargado de encender y apagar automáticamente el deshumidificador.



Figura 3.71. Bloque deshumidificador

En la Figura 3.72, se verifica si el valor de HUMEDAD RELATIVA % es mayor a 54, y si el deshumidificador estaba apagado, devuelve un valor de verdadero.

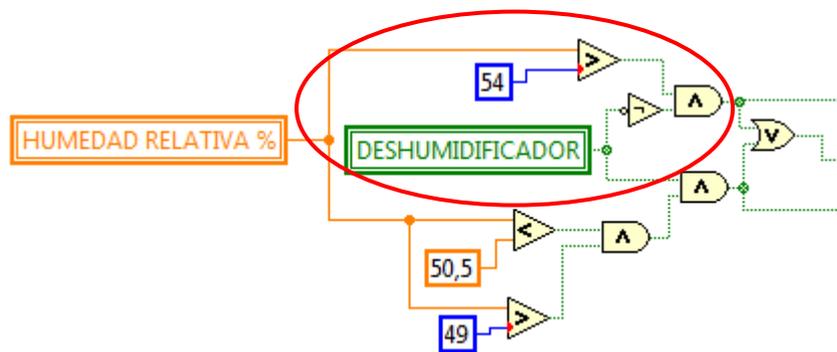


Figura 3.72. Deshumidificador 1

En la Figura 3.73, se verifica que el valor de HUMEDAD RELATIVA % haya alcanzado el rango de 49% a 50,5%, y si el deshumidificador estaba encendido, devuelve un valor de verdadero. Para este caso, esta señal es considerada como la más significativa.

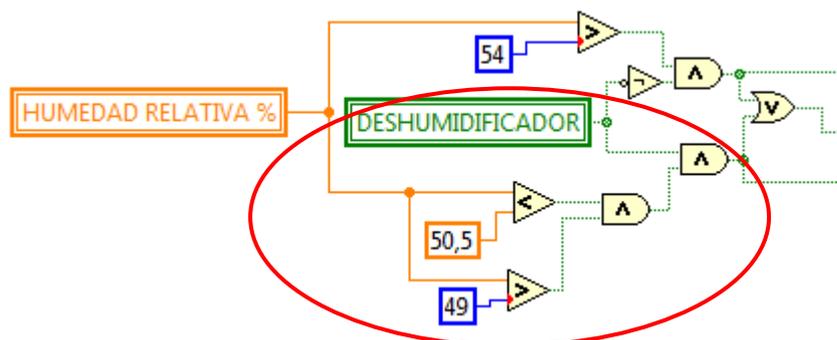


Figura 3.73. Deshumidificador 2

Si cualquiera de estos 2 casos se cumplen, se debe mandar un pulso ya sea para encender o para apagar el deshumidificador, caso contrario, no se realiza ninguna función con el deshumidificador.

Al igual que en el caso del humidificador, se crea un arreglo booleano y este es convertido a un número de acuerdo a la Tabla 3.4.

Entrada (binario)	Salida (número)	Función
0 1	1	Encender deshumidificador
1 0	2	Apagar deshumidificador

Tabla 3.4. Acciones del deshumidificador

Cuando el deshumidificador está apagado, y la HUMEDAD RELATIVA % supera el valor de 54, se debe proceder a encender el deshumidificador como se indica en la Figura 3.74.

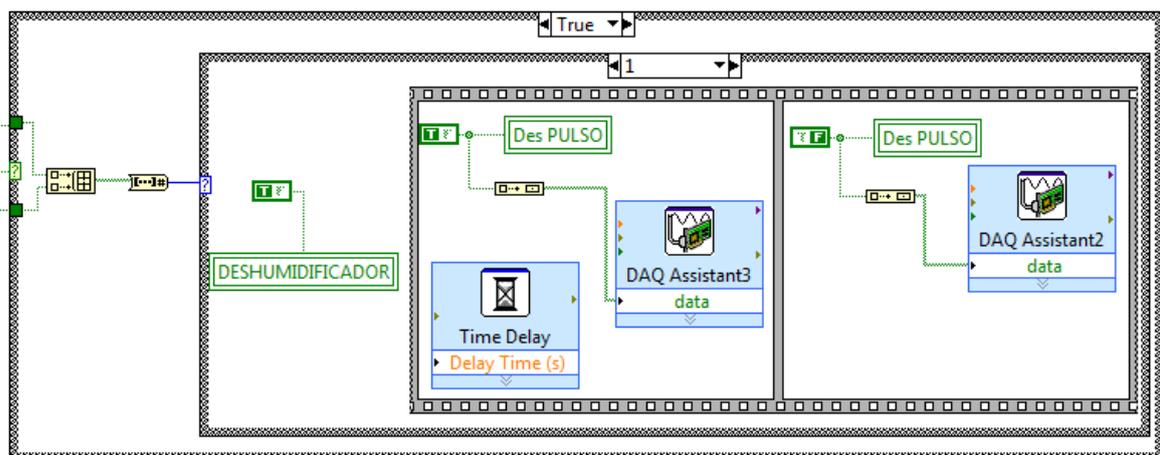


Figura 3.74. Encendido/apagado deshumidificador 1

Se activa la variable booleana DES PULSO, se transforma en un arreglo unitario y se envía a la tarjeta de adquisición de datos. Se realiza un retardo de 5 segundos para asegurar el pulso y nuevamente se desactiva.

Caso similar sucede cuando el deshumidificador está encendido, y la HUMEDAD RELATIVA % alcanzado el rango de 49 a 50,5. En este caso, se debe proceder a apagar el deshumidificador como se indica en la Figura 3.75.

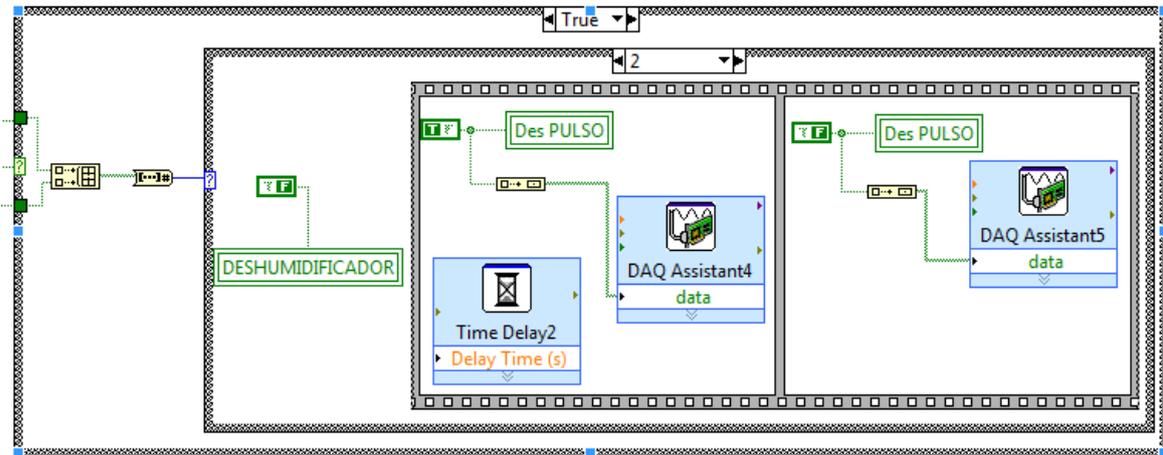


Figura 3.75. Encendido/apagado deshumidificador 2

Se activa la variable booleana DES PULSO, se transforma en un arreglo unitario y se envía a la tarjeta de adquisición de datos. Se realiza un retardo de 5 segundos para asegurar el pulso y nuevamente se desactiva.

Luego de haber manejado el humidificador o el deshumidificador, dependiendo del caso, se espera el retardo de 2 minutos para volver a leer los datos instantáneos por el puerto serial. Cada vez que vaya leyendo los datos, el contador i irá aumentando, y la tabla de datos en vivo se irá llenando progresivamente conforme vaya leyendo datos de humedad y temperatura.

Si se desea verificar si el promedio de la humedad relativa de las últimas 48 horas, está dentro del rango permitido, se debe hacer clic sobre el botón CALCULAR PROMEDIO.

El programa ejecutara el sub-vi “promedio HR-TMP”, y almacenará el resultado en una variable llamada Promedio HR.

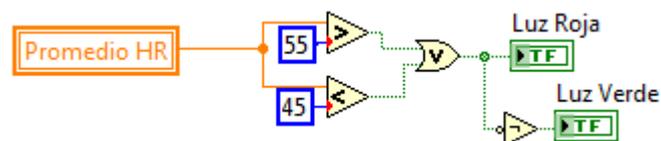


Figura 3.76. Luz Roja o Luz Verde

Como indica la Figura 3.76, se compara el valor de Promedio HR para verificar si es menor que 55 y mayor que 45. Si cualquiera de estas dos condiciones se cumple, quiere decir que está dentro del rango permitido y se enciende la luz verde y se apaga la luz roja. En el caso de que no se cumpla ninguna de estas dos condiciones, es decir, que este fuera del rango establecido, se encenderá la luz roja y se apagará la luz verde.

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas se realizaron en la sala de balanzas del laboratorio químico de la REMMAQ (Red de Monitoreo Atmosférico de Quito), la misma que se encuentra en la Secretaria de Medio Ambiente, ubicado en la Av. Rio Coca E6-85 e Isla Genovesa.



Figura 4.1. Laboratorio químico Secretaria de Ambiente. Sala de balanzas REMMAQ

En la Figura 4.2 se muestra la computadora en la que están instalados los programas de control automático de humedad y de adquisición de los pesos.



Figura 4.2. Computadora y balanzas

En la Figura 4.3 se muestra el deshumidificador, el humidificador y la caja que contiene la tarjeta de control para el encendido y apagado automático de los dispositivos antes mencionados.

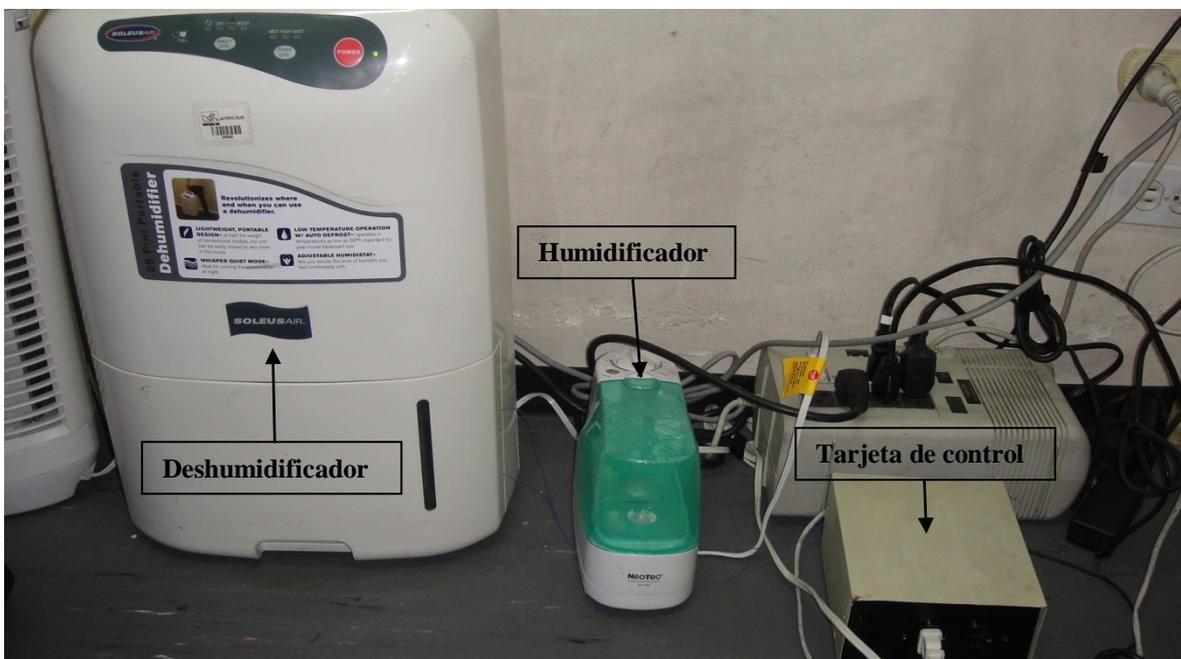


Figura 4.3. Deshumidificador, humidificador y tarjeta de control.

En la Figura 4.4 se muestra la tarjeta de adquisición de datos conectada a la computadora.

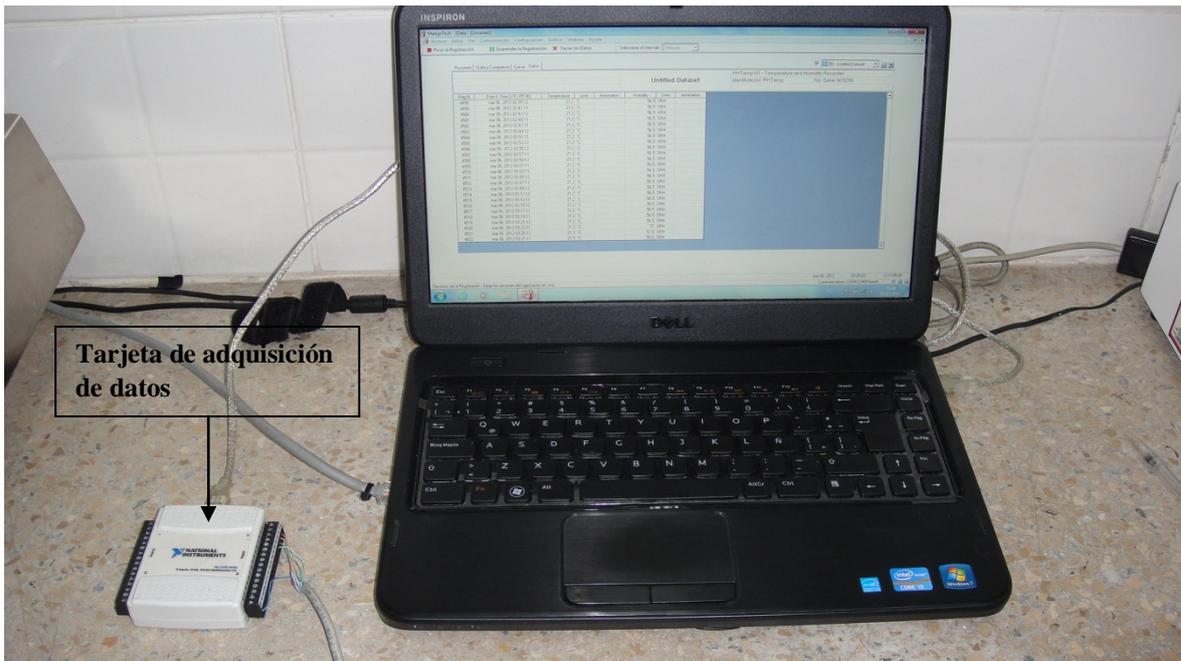


Figura 4.4. Tarjeta de adquisición de datos.

La tarjeta de adquisición de datos es la encargada de enviar las señales de control a la tarjeta de control, tal como se indica en la Figura 4.5, para que esta mediante su circuito de potencia encienda y apague el humidificador, el deshumidificador o las luces piloto según corresponda.

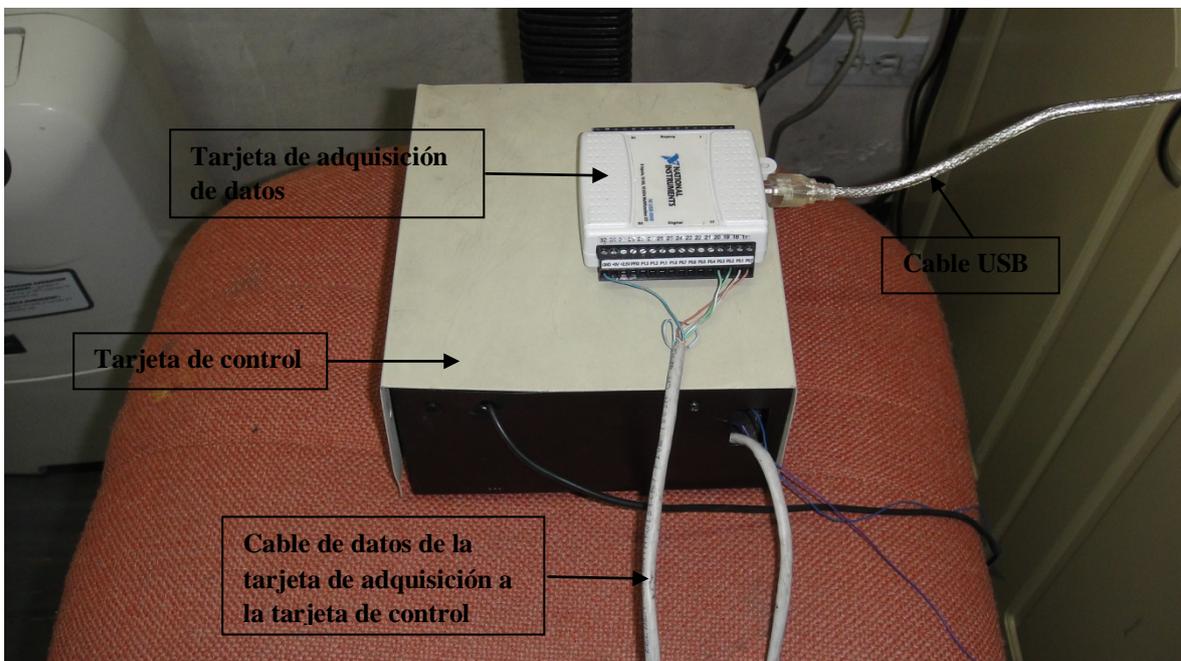


Figura 4.5. Tarjeta de adquisición de datos.

4.2. ADQUISICIÓN DE DATOS DE BALANZAS

4.2.1. PARÁMETROS FILTROS PM10-PTS E IMPACTADORES PLACAS

Para pesar los filtros de PM10-PTS e Impactadores de placas, se utiliza la balanza LA130S-F, indicada en la Figura 4.8.

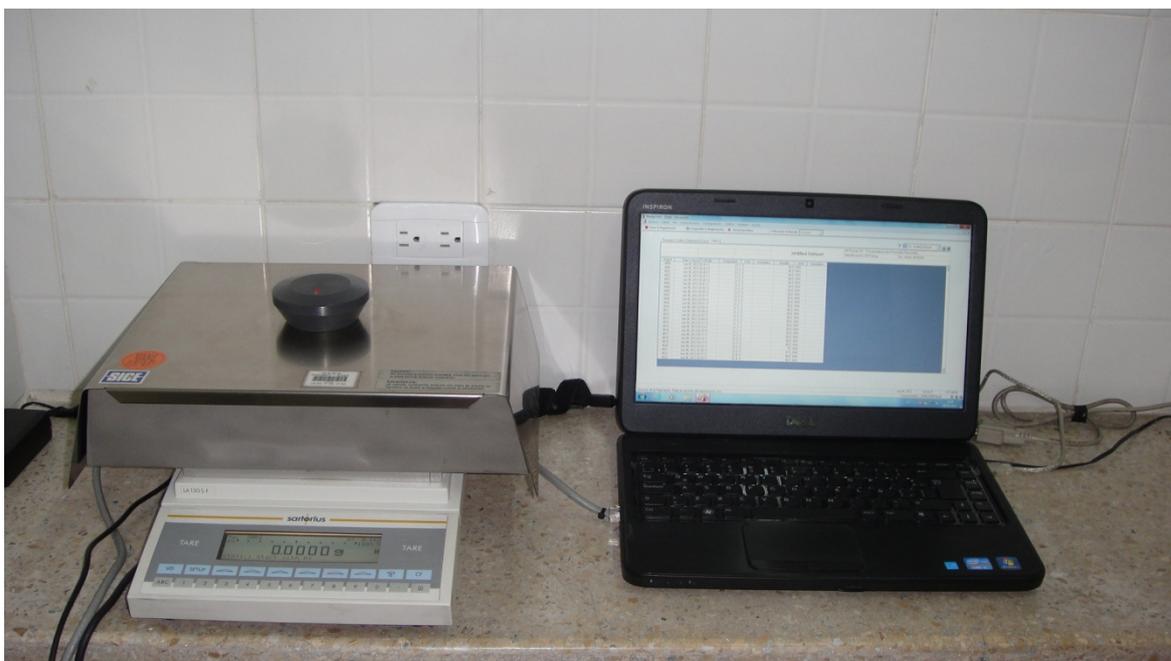


Figura 4.8. Filtros PM10-PTS e Impactadores placas

4.2.2. PARÁMETROS FILTROS PM2.5 E IMPACTADORES CASCADA

Para pesar los filtros de PM2.5 e Impactadores de cascada, se utiliza la balanza SE2-F, indicada en la Figura 4.9.

Esta balanza necesita estar en un ambiente más controlado de humedad, es por eso que la balanza propiamente dicha, se encuentra en una cabina especial, como lo muestra la Figura 4.11. El dispositivo que contiene el puerto serial de comunicación y la pantalla en la que se muestran los pesos puede estar en cualquier lugar.



Figura 4.9. Filtros PM2.5 e Impactadores cascada



Figura 4.10. Balanza SE2-F en su cabina especial

Ahora se va a realizar el pesaje de una campaña de filtros PM2.5, ya que para esto solo se deben pesar 2 filtros. Primero se realiza el pesaje antes del muestreo.

Al finalizar el pesaje de los filtros de PM2.5, la pantalla del programa queda de la siguiente manera:

Fecha de Muestreo

Mes: Marzo Día: 19 Año: 2012 Campaña N°: 1 **Abrir**

Archivo

Estaciones

Cotocollao **OK** **Finalizar**

PESOS

Peso 1:

Peso 2:

Peso 3:

Belisario		PESO	DESV. EST.
		1,452767	0,000153
	Blanco	1,452333	0,000153

Cotocollao		PESO	DESV. EST.
		1,452733	0,000115
	Blanco	1,451967	0,000153

Figura 4.11. Finalizado pesaje inicial

Como no se especifico un archivo específico, el programa crea un nuevo archivo de Excel.

19 Marzo 2012			
Antes del muestreo			
Fecha	19/03/2012	INICIO	FINAL
Hora	14:42	14:42	14:47
Nombre	JA	JA	
HR %	47,5	48,5	
TMP °C	21,2	21,5	
	Peso		Desv. Est.
	Belisario	1,452767	0,000153
	Blanco	1,452333	0,000153
	Peso		Desv. Est.
	Cotocollao	1,452733	0,000115
	Blanco	1,451967	0,000153

Figura 4.12. Archivo de Excel generado después del pesaje inicial

19 Marzo 2012		
Antes del muestreo		
	INICIO	FINAL
Fecha	19/03/2012	19/03/2012
Hora	14:42	14:47
Nombre	JA	JA
HR %	47,5	48,5
TMP °C	21,2	21,5
	Peso	Desv. Est.
Belisario	1,452767	0,000153
Blanco	1,452333	0,000153
	Peso	Desv. Est.
Cotocollao	1,452733	0,000115
Blanco	1,451967	0,000153

Figura 4.13. Tablas generadas en el archivo después del pesaje inicial

Los datos generados contienen el número de decimales que arroja el cálculo del promedio y la desviación estándar utilizando la propia función de LABVIEW, tal como se indica en la Figura 4.13.

Como se generó un archivo nuevo, se procede a guardar para no perder los datos pesados.

Ahora se va a proceder a pesar unos filtros ya muestreados, para utilizar la función que abre el archivo guardado con los datos del filtro pesado antes del muestreo.

Cuando se escoge la opción que indica al programa que se va a realizar el pesaje después del muestreo, se debe indicar la fecha del muestreo. Además se debe seleccionar la ubicación del archivo de Excel, ya que los datos obtenidos del pesaje después del muestreo se guardan en la misma hoja de cálculo de los datos pesados antes del muestreo.

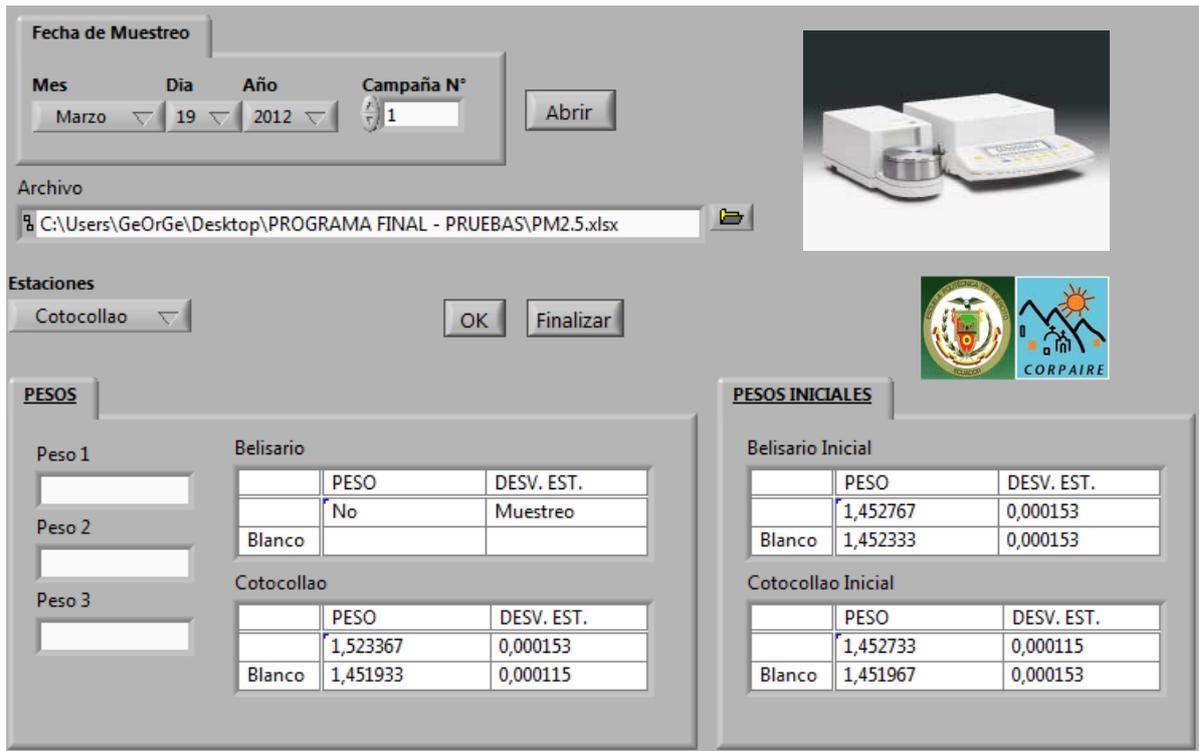


Figura 4.14. Finalizado pesaje final

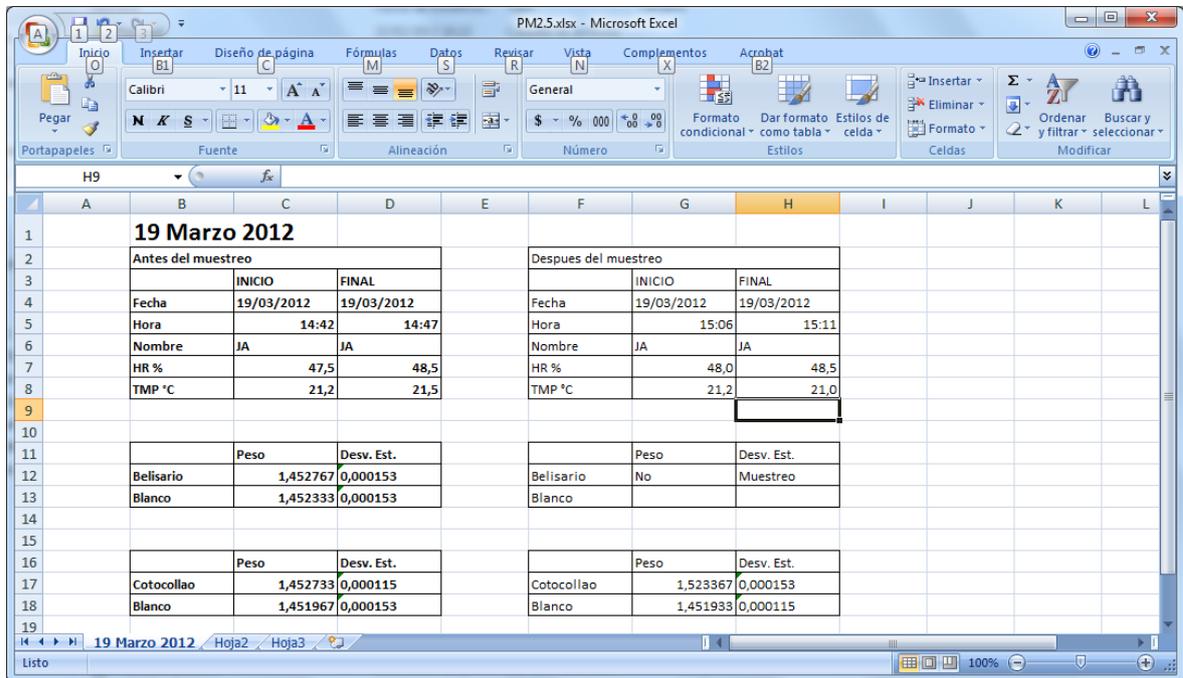


Figura 4.15. Archivo de Excel generado después del pesaje final

19 Marzo 2012					
Antes del muestreo			Despues del muestreo		
	INICIO	FINAL		INICIO	FINAL
Fecha	19/03/2012	19/03/2012	Fecha	19/03/2012	19/03/2012
Hora	14:42	14:47	Hora	15:06	15:11
Nombre	JA	JA	Nombre	JA	JA
HR %	47,5	48,5	HR %	48,0	48,5
TMP °C	21,2	21,5	TMP °C	21,2	21,0
	Peso	Desv. Est.		Peso	Desv. Est.
Belisario	1,452767	0,000153	Belisario	No	Muestreo
Blanco	1,452333	0,000153	Blanco		
	Peso	Desv. Est.		Peso	Desv. Est.
Cotocollao	1,452733	0,000115	Cotocollao	1,523367	0,000153
Blanco	1,451967	0,000153	Blanco	1,451933	0,000115

Figura 4.16. Tablas generadas en el archivo después del pesaje inicial

Como se ve en la Figura 4.16, se generan las tablas con los pesos después del muestreo al frente de las correspondientes que se realizaron antes del muestreo.

Al igual que finalizado el pesaje antes del muestreo, se debe proceder a guardar el archivo con los datos obtenidos en el pesaje después del muestreo. Cuando se vaya a pesar otra campaña, se debe seleccionar el mismo archivo cuando se realice el pesaje antes del muestreo como después del muestreo, ya que el programa generará una nueva hoja de cálculo en el mismo archivo.

Con esto, la persona encargada puede realizar el análisis de la contaminación presente en los filtros, así como también la tabulación de los datos y todas las demás acciones que le correspondan luego de terminado el pesaje.

4.3. CONTROL AUTOMATICO DE HUMEDAD

Cuando ejecutamos el programa que realiza el control automático de humedad relativa, se despliega la siguiente pantalla, la cual consta de cuatro partes principales:

- Datos instantáneos, que son los valores de humedad y temperatura,
- Datos promedio, en donde se calcula el promedio de los valores de humedad relativa de las últimas 48 horas,
- Tabla historial de los datos en vivo, que se va creando conforme se van leyendo los datos de humedad y temperatura,
- Control, en donde se indica si está activo el humidificador, el deshumidificador, o si los dos están desactivados.

La Figura 4.17 muestra la tarjeta de control, conectada a la tarjeta de adquisición de datos, así como también las conexiones para realizar el control automático.

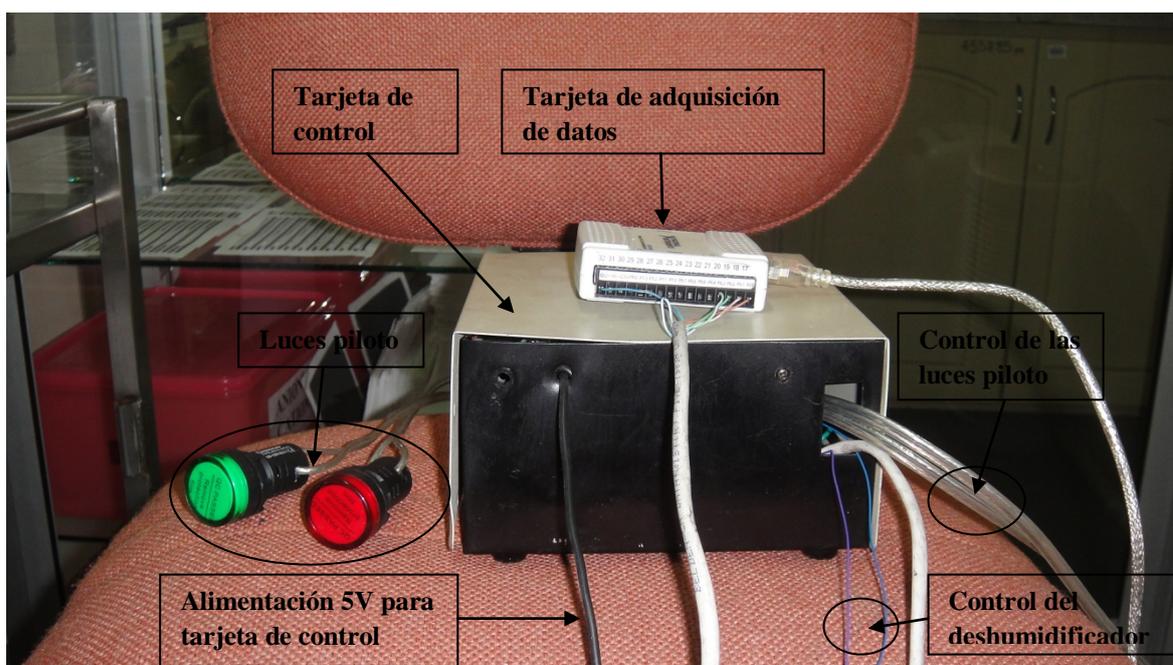


Figura 4.17. Conexión de la tarjeta de control

Para realizar las pruebas del programa de control automático, primero vamos a bajar la humedad relativa de la sala de balanzas hasta el límite en el cual debe encenderse el humidificador. De esta manera, cuando se llega al 45% de humedad relativa, como se indica en la figura, el programa enciende el humidificador mediante la tarjeta de adquisición de datos y de igual manera se presenta esa acción en el HMI.

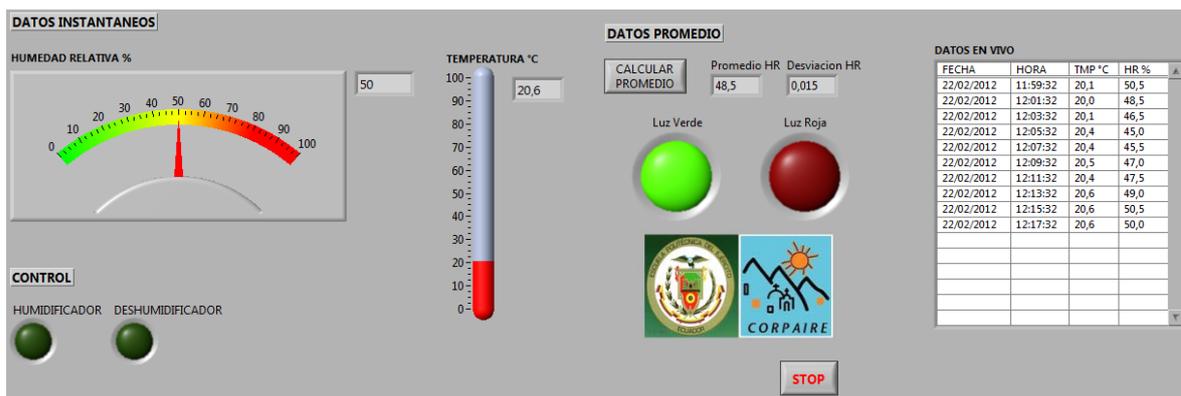


Figura 4.20. Programa Control Automático: Apagado del humidificador

Ahora vamos a subir la humedad relativa de la sala de balanzas hasta el límite en el cual debe encenderse el deshumidificador. De esta manera, cuando se llega al 55% de humedad relativa, como se indica en la figura, el programa enciende el deshumidificador mediante la tarjeta de adquisición de datos y de igual manera se presenta esa acción en el HMI.

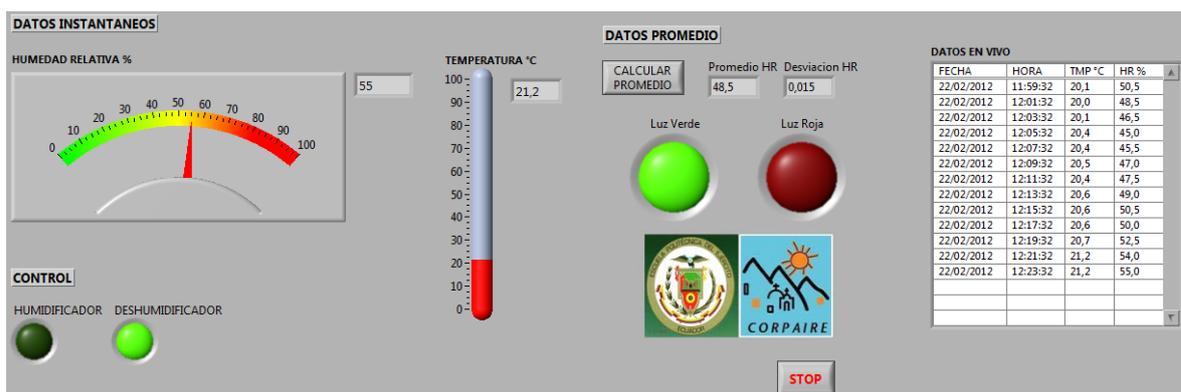


Figura 4.21. Programa Control Automático: Encendido del deshumidificador

La Figura 4.22 muestra la conexión de la tarjeta de control con el deshumidificador.

Mientras el deshumidificador está encendido, la humedad relativa del ambiente empieza a descender hasta llegar a un valor entre 49.5% y 50.5%. Dentro de este rango se procede a apagar el deshumidificador tal como se muestra en la figura.



Figura 4.22. Deshumidificador

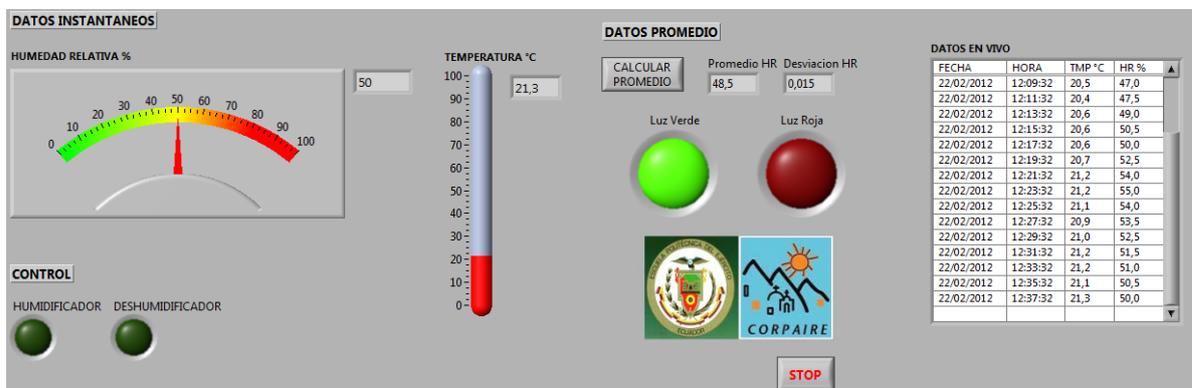


Figura 4.23. Programa Control Automático: Apagado del deshumidificador

En las figuras anteriores, se calculó el promedio de las últimas 48 horas, y este valor estaba dentro del rango permitido para realizar el pesaje, que es entre 45% y 55% de

humedad relativa. Por este motivo se enciende la luz verde tanto en el HMI, como a través de la tarjeta de adquisición de datos.

Finalmente se realizó el cálculo del promedio de la humedad relativa cuando esta se encontraba por debajo del nivel permitido, y es así que nos dio un valor de 43,75% por lo cual se procede a encender la luz roja de tanto en el HMI, como a través de la tarjeta de adquisición de datos, tal como se indica en la figura.



Figura 4.24. Programa Control Automático: Promedio de humedad

Ahora procedemos a tabular los datos obtenidos en el programa de control automático de humedad.

FECHA	HORA	TMP C	HR %
22/02/2012	11:59:32	20,1	50,5
22/02/2012	12:01:32	20,0	48,5
22/02/2012	12:03:32	20,1	46,5
22/02/2012	12:05:32	20,4	45,0
22/02/2012	12:07:32	20,4	45,5
22/02/2012	12:09:32	20,5	47,0
22/02/2012	12:11:32	20,4	47,5
22/02/2012	12:13:32	20,6	49,0
22/02/2012	12:15:32	20,6	50,5
22/02/2012	12:17:32	20,6	50,0
22/02/2012	12:19:32	20,7	52,5
22/02/2012	12:21:32	21,2	54,0
22/02/2012	12:23:32	21,2	55,0
22/02/2012	12:25:32	21,1	54,0
22/02/2012	12:27:32	20,9	53,5
22/02/2012	12:29:32	21,0	52,5

22/02/2012	12:31:32	21,2	51,5
22/02/2012	12:33:32	21,2	51,0
22/02/2012	12:35:32	21,1	50,5
22/02/2012	12:37:32	21,3	50,0

Tabla 4.1. Tabla de datos de control de humedad

Como se indica en la Tabla 4.1, se inicia la corrida del programa con una humedad relativa en 50,5%. Se forzó a bajar la humedad del ambiente activando manualmente el deshumidificador y abriendo la puerta de la sala de balanzas. Cuando llegó al valor de 46,5% se apagó manualmente el deshumidificador.

Al llegar al valor de 45,0% de humedad relativa, el programa enciende automáticamente el humidificador, y es este el encargado de humidificar el ambiente hasta poder alcanzar el valor de 50,0%. Al cabo de 12 minutos, la humedad relativa del ambiente de la sala de balanzas alcanza el valor de 50,0%, momento en el cual el programa apaga automáticamente el humidificador.

De igual manera, se forzó a subir la humedad del ambiente hasta que alcance el valor de 54,0%.

Al llegar al valor de 55,0% de humedad relativa, el programa enciende automáticamente el deshumidificador, y es este el encargado de deshumidificar el ambiente hasta poder alcanzar el valor de 50,0%. Al cabo de 14 minutos, la humedad relativa del ambiente de la sala de balanzas alcanza el valor de 50,0%, momento en el cual el programa apaga automáticamente el deshumidificador.

Adicionalmente, la Figura 4.25 muestra la gráfica de Humedad vs. Tiempo, en donde se puede observar que el sistema oscila entre los 45% y 55% de humedad relativa. Como se mencionó con anterioridad, el control utilizado es un control ON-OFF por lo que no se requiere de un control de respuesta rápida.

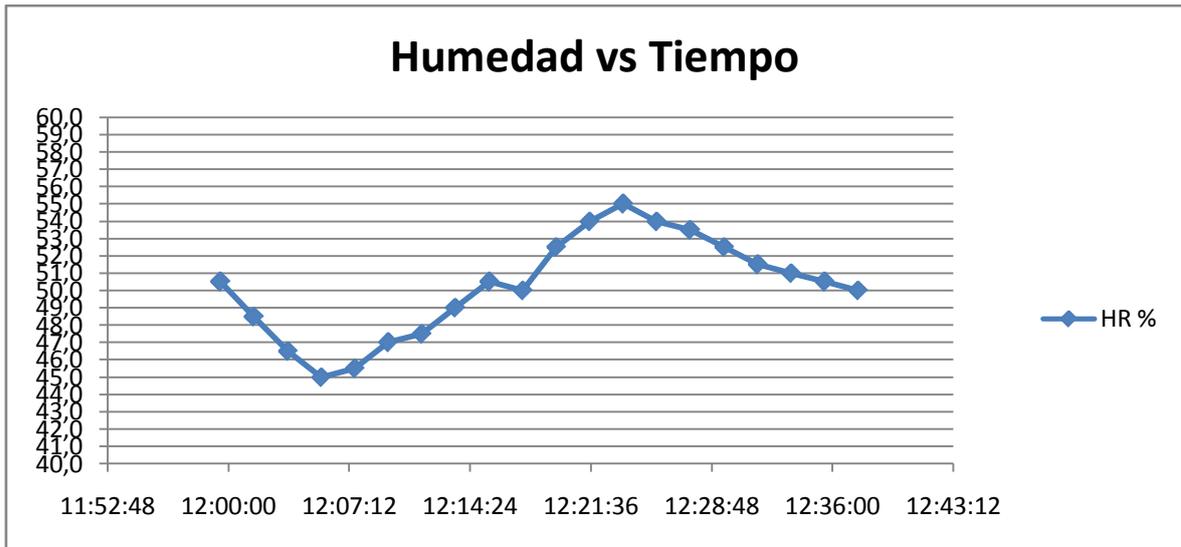


Figura 4.25. Gráfica Humedad vs. Tiempo

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La implementación del sistema de control automático de humedad en la sala de balanzas de la REMMAQ (Red de monitoreo atmosférico de Quito), mejoró el tiempo de pesaje de los filtros porque antes el operador debía estar pendiente de los cambios ambientales para que la humedad relativa esté dentro de los rangos permitidos, ya que en ocasiones cuando llovía la humedad aumentaba, y el pesaje de los filtros se retrasaba por varios días.
- La implementación del sistema de adquisición de datos de las balanzas ayudó a optimizar el tiempo en el cual el operador realiza los pesajes, ya que los pesos de los filtros pesados se generan automáticamente a una base de datos en Excel. Antes el operador luego de tomar manualmente los pesos y llenarlos en un formulario, debía pasar estos pesos a un archivo en Excel.
- Se logró desarrollar un programa que permite visualizar, procesar y almacenar los datos de los pesos obtenidos. Este programa facilita al operador en la toma de los valores de los pesos y crea una hoja de Excel con los valores del pesaje realizado.
- La base de datos se la realizó en Excel, de manera que en un mismo archivo, están todas las hojas que crea el programa, y que se las puede visualizar por la fecha del muestreo.
- Se desarrollo la interfaz electrónica para la comunicación entre las balanzas y el computador, así como también el sistema de control de humedad que maneja de forma automática tanto el deshumidificador como el humidificador.

- Se consiguió estudiar y analizar los protocolos de comunicación que maneja el *software Madgetech* para la adquisición de datos de temperatura y humedad, y mediante estos protocolos desarrollar el programa que permite monitorear estos valores y realizar el control automático de la humedad.
- El *software Madgetech* está creado bajo licencia registrada, por lo que para obtener la manera en la cual se realiza el intercambio de datos de escritura y lectura entre la computadora y el *Datalogger*, se utilizó un *software* libre llamado “*Free Serial Port Manager*”. Con este *software* se pudo obtener las palabras enviadas por la computadora para poder leer los datos de humedad y temperatura, así como también los datos enviados por el *Datalogger* como respuesta.
- Para el circuito de control de encendido y apagado automático del humidificador y de las luces piloto, hay que tener en cuenta que se trata de un control *ON/OFF*, por lo que se realiza una conexión y desconexión de la fuente de alimentación. Por lo que el circuito de control conecta y desconecta la fase y manteniendo como común el neutro.
- Luego de realizadas las pruebas y comprobando el correcto funcionamiento del sistema automatizado de la sala de balanzas de la REMMAQ, se concluye que se han cumplido los objetivos propuestos en este proyecto, logrando un alto nivel de satisfacción por parte del personal de dicha institución.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para el correcto funcionamiento del *Datalogger* en el *software* desarrollado, se recomienda inicializarlo con el *software Madgetech* y configurarlo para que el registro de los datos lo realice cada 5 minutos, de esta manera no existirá ningún fallo en la adquisición de datos.
- Los puertos seriales que se manejan están configurados de manera correcta en el programa, por lo que el operador deberá tener cuidado con la asignación de cada uno de ellos ya que si por error se modifica alguno, no se podrá realizar la adquisición de los datos de temperatura, humedad y pesos de forma adecuada.

- Las balanzas y el *Datalogger* están asignados a los puertos seriales que maneja el software en LABVIEW, por lo que se recomienda no cambiar la conexión de los cables, ya que si así se lo hace, se debe realizar también el cambio en el software.
- En el momento que el operador ingresa en el programa para realizar el pesaje, este debe asegurarse de haber ingresado su nombre de usuario, ya que con el nombre de usuario que ingrese se llenaran los posteriores formularios al generarse el archivo en Excel.
- Es muy importante que el operador recuerde siempre indicar la fecha en la cual se va a realizar o se haya realizado el muestreo, ya que la fecha indicada, se utilizará para leer y/o guardar los pesos obtenidos luego de realizar el pesaje al crear el archivo en Excel. La fecha de muestreo es el nombre de la hoja de cálculo en el archivo en Excel.
- El *Datalogger* funciona tanto en el programa principal encargado de la obtención de los pesos y del monitoreo de humedad y temperatura, así como también en el programa del control automático de humedad. Como se está manejando el mismo dispositivo a través del mismo puerto serial, el operador debe tener muy en cuenta que pueden existir errores de comunicación si los tiempos de lectura de ambos programas coinciden, por lo que se recomienda no ejecutar el monitoreo de humedad y temperatura cuando este corriendo el programa de control automático de humedad.
- De la misma manera el momento en que en el programa del control automático de humedad, se ejecute la acción de calcular el promedio de las últimas 48 horas, no ejecutar ninguna función del programa principal, ya que la lectura de todos los datos almacenados en el *Datalogger* puede demorar hasta 10 minutos dependiendo del número de datos almacenados en su pila interna.
- Para optimizar el cálculo del promedio de humedad, se recomienda al operador resetear el *Datalogger* todos los días viernes, con el fin de mantener pocos datos almacenados en la pila interna. Con esto, el día lunes que el operador vuelva a realizar trabajos en la sala de balanzas, el *Datalogger* ya tendrá datos de más de 48 horas almacenados y el programa tranquilamente podrá obtener el promedio.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de las estaciones de monitoreo.....	2
Figura 1.2. Ubicación de las estaciones de monitoreo en la ECOVIA y en Puntos Críticos.	4
Figura 1.3. Panel frontal de un VI	9
Figura 1.4. Diagrama de bloques	9
Figura 1.5. Ciclo <i>While</i>	10
Figura 1.6. Ciclo <i>For</i>	11
Figura 1.7. Ciclo <i>Case</i>	12
Figura 1.8. Transferencia iterativa de datos	14
Figura 1.9. Registro de desplazamiento inicializado en cero	15
Figura 1.10. Registro de desplazamiento no inicializado	15
Figura 1.11. Control de arreglo de números.....	18
Figura 1.12. Ejemplo de instrumento serial	18
Figura 1.13. Macro de carácter para la letra M	19
Figura 1.14. Ejemplo de configuración serial para VISA	22
Figura 1.15. Sistema típico DAQ	23
Figura 2.1. Esquema del sistema actual de la sala de balanzas	26
Figura 2.2. Humidificador Iónico Neo-Tec.....	28
Figura 2.3. Deshumidificador Soleus Air.....	29
Figura 2.4. Datalogger RHTEMP101	31
Figura 2.5. Balanza Sartorius LA130S-F.....	33
Figura 2.6. Balanza Sartorius SE2-F.....	34
Figura 2.7. Diagrama de conexión de las balanzas.....	38
Figura 2.8. Tarjeta NI USB-6008	41
Figura 2.9. Dimensiones tarjeta NI-USB 6008 en milímetros (pulgadas)	42

Figura 2.10. Reconocimiento de tarjeta en el puerto USB.....	43
Figura 2.11. Instalación de la tarjeta de adquisición de datos.....	43
Figura 2.12. Instalación de la tarjeta de adquisición de datos.....	44
Figura 2.13. Instalación de la tarjeta de adquisición de datos.....	44
Figura 2.14. Diagrama de bloques de la tarjeta NI USB-6008.....	45
Figura 2.15. Etiquetas de señales de la tarjeta NI-USB 6008.....	46
Figura 2.16. Diagrama de aplicación de las etiquetas de señales.....	46
Figura 2.17. Circuito del deshumidificador.....	51
Figura 2.18. Circuito del humidificador y luces piloto.....	53
Figura 2.19. Circuito esquemático en PCB Wizard.....	54
Figura 2.20. Circuito impreso en <i>PCB Wizard</i>	55
Figura 2.21. Circuito impreso en PCB Wizard.....	55
Figura 2.22. Circuito impreso en PCB Wizard.....	56
Figura 2.23. Placa finalizada.....	56
Figura 3.1. Diagrama de bloques Principal.....	57
Figura 3.2. Panel frontal Principal.vi.....	58
Figura 3.3. Diagrama de bloques Principal.vi.....	59
Figura 3.4. Evento MONITOREAR.....	61
Figura 3.5. Panel frontal hum-temp.vi.....	61
Figura 3.6. Configuración Puerto Serial DataLogger.....	62
Figura 3.7. Visualización de Humedad y Temperatura.....	64
Figura 3.8. Diagrama de Bloques hum-temp.vi.....	65
Figura 3.9. Diagrama de flujos 3byte a HR-TMP.....	66
Figura 3.10. Sub-vi 3byte a HR-TMP.....	67
Figura 3.11. Entrar.....	69

Figura 3.12. Evento Entrar	70
Figura 3.13. Contraseña	70
Figura 3.14. Panel Frontal Acceso.vi.....	71
Figura 3.15. Menú de Filtros	72
Figura 3.16. Diagrama de Bloques Acceso.vi	72
Figura 3.17. Case True Acceso.vi.....	73
Figura 3.18. Diagrama de flujos de Promedio de humedad	75
Figura 3.19. Secuencia 1 Promedio HR-TMP.vi.....	77
Figura 3.20. Obtención de Número de Paquetes y Datos	77
Figura 3.21. Leer paquetes de datos.....	78
Figura 3.22. Variante para leer paquetes de datos	79
Figura 3.23. Datos de humedad relativa.....	80
Figura 3.24. Calculo del promedio	81
Figura 3.25. Diagrama principal PM10-PTS.....	82
Figura 3.26. Menú de Opciones de Filtros	83
Figura 3.27. Diagrama Configuración Puerto Serial Balanzas.....	83
Figura 3.28. Configuración Puerto Serial Balanzas.....	84
Figura 3.29. Diagrama PESAR.....	85
Figura 3.30. Selección INICIAL, FINAL, ABANDONAR.....	86
Figura 3.31. Fecha de muestreo	86
Figura 3.32. Tabla Inicial de datos	87
Figura 3.33. Tabla Final de datos	87
Figura 3.34. Pesando PM10-PTS.....	88
Figura 3.35. Selección de filtros	89
Figura 3.36. Muestreo	89

Figura 3.37. Botón LISTO	90
Figura 3.38. Pesando Imp. Cascada	92
Figura 3.39. Selección de filtros	92
Figura 3.40. Muestreo	93
Figura 3.41. Tabla impactadores de cascada	94
Figura 3.42. Botón LISTO	94
Figura 3.43. Pesando Imp. Placas	96
Figura 3.44. Selección de estación.....	96
Figura 3.45. Muestreo	97
Figura 3.46. Tabla impactadores de placas	97
Figura 3.47. Botón LISTO	98
Figura 3.48. Pesando PM2.5.....	99
Figura 3.49. Selección de estación.....	99
Figura 3.50. Muestreo	100
Figura 3.51. Tabla impactadores de cascada	100
Figura 3.52. Botón LISTO	101
Figura 3.53. Generación a Excel.....	102
Figura 3.54. Primer bloque generación a Excel Antes del muestreo 1	103
Figura 3.55. Primer bloque generación a Excel Antes del muestreo 2	104
Figura 3.56. Segundo bloque generación a Excel Antes del muestreo	105
Figura 3.57. Primer bloque generación a Excel Después del muestreo.....	106
Figura 3.58. Bloque final generación a Excel PM10-PTS	107
Figura 3.59. Bloque final generación a Excel Impactadores Cascada.....	108
Figura 3.60. Bloque final generación a Excel Impactadores Placas	109
Figura 3.61. Bloque final generación a Excel PM2.5	110

Figura 3.62. Diagrama de flujos Lectura de datos Excel	111
Figura 3.63. Diagrama LABVIEW Lectura de datos Excel.....	112
Figura 3.64. Diagrama de flujos del control automático de humedad.....	113
Figura 3.65. HMI del control automático de humedad	114
Figura 3.66. Arreglo de bits a número decimal	115
Figura 3.67. Humedad relativa 1	116
Figura 3.68. Humedad relativa 2	116
Figura 3.69. Humedad relativa 3	117
Figura 3.70. Humidificador.....	117
Figura 3.71. Bloque deshumidificador.....	118
Figura 3.72. Deshumidificador 1	118
Figura 3.73. Deshumidificador 2.....	118
Figura 3.74. Encendido/apagado deshumidificador 1.....	119
Figura 3.75. Encendido/apagado deshumidificador 2.....	120
Figura 3.76. Luz Roja o Luz Verde	120
Figura 4.1. Laboratorio químico Secretaria de Ambiente. Sala de balanzas REMMAQ ..	122
Figura 4.2. Computadora y balanzas.....	123
Figura 4.3. Deshumidificador, humidificador y tarjeta de control.	123
Figura 4.4. Tarjeta de adquisición de datos.....	124
Figura 4.5. Tarjeta de adquisición de datos.....	124
Figura 4.6. <i>Datalogger</i> de humedad y temperatura.	125
Figura 4.7. Programa Principal: Monitoreando Humedad y Temperatura.....	125
Figura 4.8. Filtros PM10-PTS e Impactadores placas	126
Figura 4.9. Filtros PM2.5 e Impactadores cascada.....	127
Figura 4.10. Balanza SE2-F en su cabina especial	127

Figura 4.11. Finalizado pesaje inicial	128
Figura 4.12. Archivo de Excel generado después del pesaje inicial.....	128
Figura 4.13. Tablas generadas en el archivo después del pesaje inicial	129
Figura 4.14. Finalizado pesaje final.....	130
Figura 4.15. Archivo de Excel generado después del pesaje final	130
Figura 4.16. Tablas generadas en el archivo después del pesaje inicial	131
Figura 4.17. Conexión de la tarjeta de control	132
Figura 4.18. Programa Control Automático: Encendido del humidificador	133
Figura 4.20. Programa Control Automático: Apagado del humidificador.....	134
Figura 4.21. Programa Control Automático: Encendido del deshumidificador.....	134
Figura 4.22. Deshumidificador.....	135
Figura 4.23. Programa Control Automático: Apagado del deshumidificador	135
Figura 4.24. Programa Control Automático: Promedio de humedad	136
Figura 4.25. Gráfica Humedad vs. Tiempo	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Métodos de medición.....	3
Tabla 1.2. Sintaxis para varias interfaces de instrumentos	21
Tabla 2.1. Especificaciones técnicas humidificador Neo-TEC	29
Tabla 2.2. Especificaciones técnicas deshumidificador Soleus Air	30
Tabla 2.3. Especificaciones técnicas Datalogger Madgetech.....	32
Tabla 2.4. Especificaciones técnicas balanza Sartorius LA130S-F.....	34
Tabla 2.5. Especificaciones técnicas balanza Sartorius SE2-F	35
Tabla 2.6. Especificaciones técnicas balanza Sartorius LA130S-F.....	36
Tabla 2.7. Parámetros balanza LA130S-F	37
Tabla 2.8. Especificaciones técnicas balanza Sartorius SE2-F	37
Tabla 2.9. Parámetros balanza SE2-F.....	38
Tabla 2.10. Parámetros <i>Datalogger</i>	39
Tabla 2.11. Especificaciones técnicas tarjeta NI USB-6008.....	42
Tabla 2.12. Estado del LED y del dispositivo	47
Tabla 2.13. Asignación de terminales análogos	48
Tabla 2.14. Asignación de terminales análogos	49
Tabla 2.15. Señales de la tarjeta de adquisición de datos	50
Tabla 3.1. Valores del tiempo de retardo	63
Tabla 3.2. Valores del segundo byte.....	68
Tabla 3.3. Acciones del humidificador	116
Tabla 3.4. Acciones del deshumidificador	119
Tabla 4.1. Tabla de datos de control de humedad	137

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CORPAIRE, Informe Calidad del Aire de Quito, 2009
- [2] NATIONAL INSTRUMENTS, LabVIEW Básico I Introducción, Manual de Curso, Edición 8.0, Febrero 2006
- [3] SARTORIUS MECHATRONICS, Instrucciones de funcionamiento balanzas Sartorius, Junio 2007
- [4] NATIONAL INSTRUMENTS, User guide and specifications NI USB-6008/6009, Mayo 2008
- [5] http://www.madgetech.com/pdf_files/software_pdfs/MadgeTech_Software_Manual.pdf, Manual Datalogger Madgetech
- [6] http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/philips/IRF540_S_1.pdf, Datasheet Mosfet IRF540

FECHA DE ENTREGA:

AUTOR

Jorge Xavier Alvear Manosalvas

CI

AUTORIDAD

Ing. Víctor Proaño

**DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN
Y CONTROL**