

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

Jorge Xavier Alvear Manosalvas

Director: Ing. Flavio Pineda Msc.

Codirector: Ing. Alexander Ibarra

Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejercito

RESUMEN

El presente artículo resume describe el diseño e implementación de un sistema automatizado de control de humedad y adquisición de datos. Dicho proyecto es realizado en la sala de balanzas de la REMMAQ (Red de Monitoreo Atmosférico de Quito).

Para automatizar la sala de balanzas, se realiza dos programas HMIs (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.

INTRODUCCION

El material particulado (PM) es considerado como uno de los principales problemas de contaminación del DMQ. El término PM se refiere a partículas discretas (gotas de líquido o sólido) de un amplio rango de tamaños. Las partículas primarias son

emitidas directamente al aire del ambiente, mientras las secundarias son formadas en la atmósfera por transformaciones de las emisiones gaseosas como los óxidos de azufre y nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles¹. Para fines regulatorios, el material particulado se designa comúnmente como PM_{2.5} o PM₁₀, lo que se refiere a partículas con diámetro aerodinámico menor de 2,5 µm y 10 µm, respectivamente. Estas partículas pueden acumularse en el sistema respiratorio y producir diversos efectos negativos en la salud que se expresan en el aumento de enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares.

En el esquema institucional para la gestión de la calidad del aire en el DMQ, le corresponde a la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (CORPAIRE), llevar adelante los proyectos definidos dentro del Plan de Manejo aprobado en agosto del 2005. Uno de esos proyectos tiene que ver con el monitoreo permanente de la calidad del recurso, con énfasis en aquellos parámetros que han sido identificados como los más prioritarios para la ciudad, entre ellos el material particulado.

La CORPAIRE tiene una red de monitoreo la cual cuenta con diez muestreadores de alto volumen para material particulado (PM₁₀ y PTS) ubicados dentro del DMQ. El monitoreo de estos contaminantes se realizan desde junio de 2003, monitoreando cada seis días durante veinticuatro horas.

[1] Pilinis, C., Seinfeld, JH. 1987. Continued development of a general equilibrium model for inorganic multicomponent atmospheric aerosols. Atmos. Environ. 21: 2453-2466.

Además se incorporó a la red el muestreo de material particulado con impactadores para determinar la cantidad de material particulado de acuerdo al tamaño de partícula, se usan impactadores de cascada e impactadores de placas.

En la sala de balanzas de la REMMAQ (Red de Monitoreo Atmosférico de Quito) se realiza el acondicionamiento y análisis de los filtros para PM₁₀, PTS, PM_{2.5} e impactadores, que se utilizan para los muestreos de la red semiautomática de Material Particulado, esta sala consta de 2 balanzas de precisión SARTORIUS.

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. Estos datos de temperatura, humedad y peso de los filtros son tomados manualmente y luego se crea una base de datos en Excel para su posterior análisis.

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE HARWARE

El sistema actual de la sala de balanzas de la REMMAQ consta de los siguientes elementos y equipos, mostrados en la figura 1, el cual consta de:

- 1 Computador
- 1 *Datalogger Madgetech* RHTEMP101
- 1 Balanza de precisión *Sartorius* LA130S-F
- 1 Balanza de precisión *Sartorius* SE2-F

- 1 Deshumidificador *Soleus Air 25 Pint*
- 1 Humidificador *Iónico Neo-Tec XJ-750*

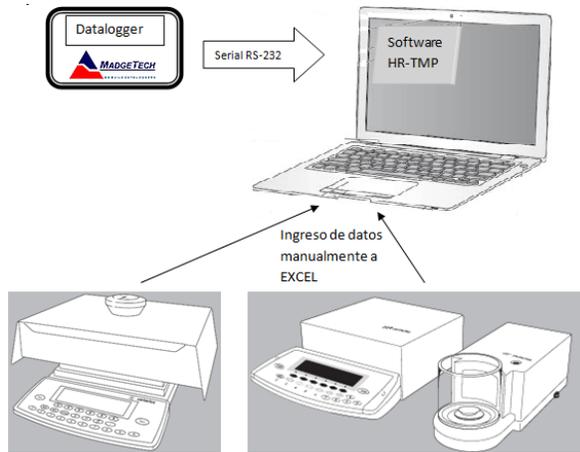


Figura 1. Esquema del sistema actual de la sala de balanzas

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

Para el pesaje de los filtros estos deben estar acondicionados 48 horas antes y después del muestreo, dentro de un rango establecido de humedad y temperatura. 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.

De la misma manera, que se realiza un control manual de la humedad relativa del ambiente de la sala de balanzas, también la toma de los pesos de los filtros se lo realiza de manera manual.

Para la adquisición de datos de las balanzas a la computadora, se debe construir la interfaz serial para la comunicación entre estos dos dispositivos. Las balanzas poseen puertos seriales DB-25.

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, para crea un cable conector de DB-25 a DB-9.

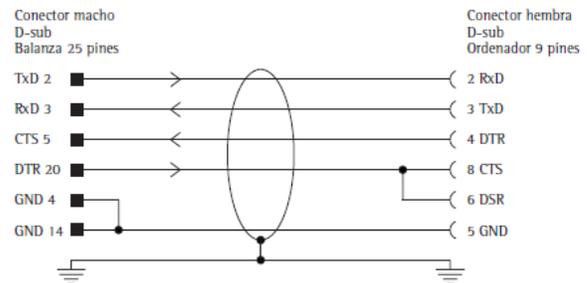


Figura 2. Diagrama de conexión

Con el fin de controlar automáticamente, el encendido y el apagado tanto del humidificador como del deshumidificador, se va a utilizar una tarjeta de adquisición de datos.

La tarjeta que se utiliza para el control automático es de marca *National Instruments*, modelo NI USB-6008. A más del control de encendido y apagado del humidificador y deshumidificador, se van a

utilizar dos luces piloto, una verde y una roja, que indicarán si el promedio de humedad relativa de las 48 horas previas al pesaje, está dentro o fuera del rango respectivamente.

Para esto se manejan 4 salidas digitales de la tarjeta de adquisición de datos, para realizar un control ON/OFF, de la manera siguiente:



Figura 3. Tarjeta de adquisición de datos

De acuerdo a las señales de la tarjeta de adquisición de datos, los dispositivos se controlaran de acuerdo a lo indicado en la tabla 1.

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

Tabla 1. Señales de la tarjeta de adquisición de datos

Estas salidas de control, deben ir a un circuito de control que active los elementos a controlar.

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.

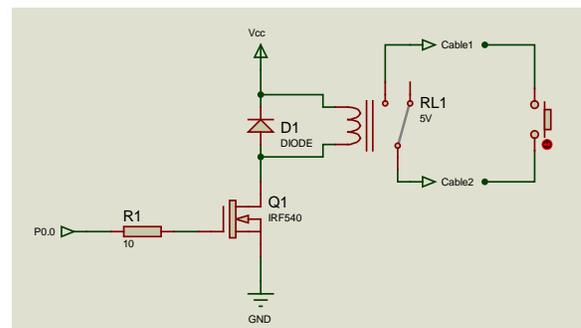


Figura 4. Circuito del deshumidificador

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.

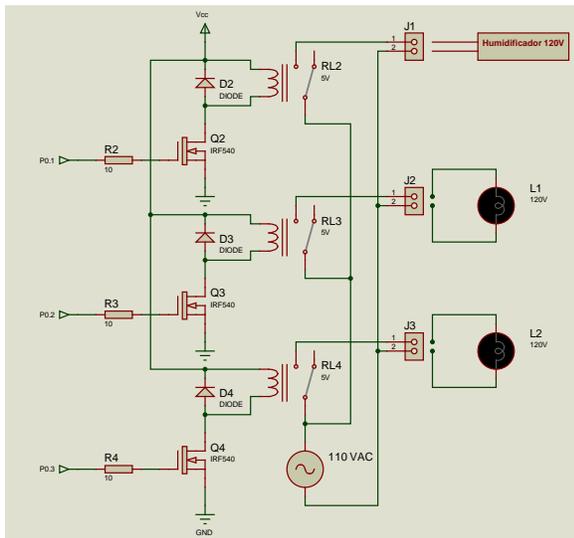


Figura 5. Circuito del humidificador y de las luces piloto

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SOFTWARE

Se desarrollan dos tipos de HMI, uno que realice el monitoreo de humedad y temperatura así como también la adquisición de los pesos de las balanzas, y otro que realice la parte del control automático de la humedad relativa y el manejo de las luces piloto.

Monitoreo de humedad y temperatura. Adquisición de pesos

El primer programa realiza el monitoreo de humedad y temperatura de la sala de balanzas así como también la adquisición de los pesos de los filtros.

El monitoreo de la humedad y temperatura lo puede realizar cualquier operador que esté dentro de la sala de balanzas.

Primero se debe configurar el puerto serial con los parámetros del *Datalogger*. Luego de haber configurado los parámetros del puerto serial, se inicializa el monitoreo de humedad y temperatura.

En la pantalla se despliega los datos de humedad y temperatura, tal como se muestra en la figura 6. 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.

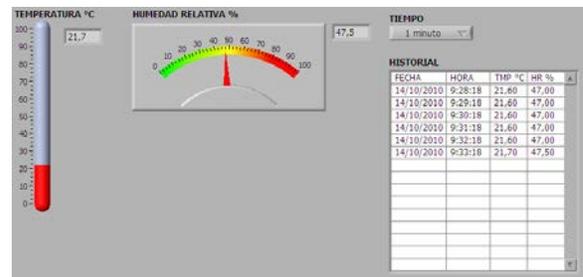


Figura 6. Monitoreo de humedad y temperatura

Se presentan los datos de forma numérica y en medidores gráficos. Además se crea una tabla historial, donde 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.

Para realizar el pesaje de los filtros, se debe ingresar con una clave, la que posee solo el operador asignado para dicha tarea.

Luego de haber sido confirmado el ingreso del operador con la clave, se despliega un mensaje de texto con el valor del promedio de humedad relativa de las últimas 48 horas.

Para calcular el promedio, se leen todos los datos almacenados en la pila interna del *Datalogger*, y se realiza el promedio de los

últimos 576 datos registrados. El *Datalogger* registra datos cada 5 min. Esta tarea es independiente a la tarea que realiza al presentar datos en vivo, es decir, trabaja en dos modos; registrando datos en su pila interna cada 5 minutos (previamente programados) y mostrando datos en vivo.

Junto al mensaje de texto con el valor del promedio de humedad, se despliega un menú con los 4 tipos de filtros que pueden ser pesados en la sala de balanzas.

El operador escoge el tipo de filtro que vaya a pesar, y se abre una nueva ventana, en la que primero se debe configurar los parámetros de comunicación serial de las balanzas.

Luego de haber configurado correctamente los parámetros de comunicación serial de las balanzas, se inicia el proceso del pesaje de los filtros.

Primero se selecciona si el pesaje de los filtros se realiza antes o después del muestreo. A continuación, se despliegan los campos de fecha de muestreo y archivo. Aquí se debe fijar la fecha en la cual se va a realizar la campaña de pesaje, el número de campaña y la dirección en donde se encuentra el archivo de Excel. Posterior a esto se indica que se va a iniciar el pesaje de los filtros, y el programa guarda la hora, fecha, y los datos de temperatura y humedad de ese instante de tiempo.

El procedimiento para realizar el pesaje de los filtros es el mismo, lo que cambia es el número de filtros y estaciones que se pesan. A continuación, se detalla cómo se realiza el pesaje por cada tipo de filtro.

PM10-PTS

Para los filtros de PM10-PTS, se pesan 15 filtros. Cada uno de los filtros se debe pesar 3. Al final se calcula automáticamente el peso promedio y la desviación estándar.

PM2.5

Para los filtros de PM2.5, se pesan 2 filtros. Cada uno de los filtros se debe pesar 3 veces, y además luego de pesar cada uno de los filtros se debe pesar un filtro blanco de laboratorio de la misma manera, es decir, 3 veces. Al final se calcula automáticamente el peso promedio y la desviación estándar, tanto del filtro muestreado como del blanco de laboratorio.

Impactadores de Cascada

Para los filtros de impactadores de cascada, se pesan 9 filtros. Cada uno de los filtros se debe pesar 3 veces, y además luego de pesar cada uno de los filtros se debe pesar un filtro blanco de laboratorio de la misma manera, es decir, 3 veces. Al final se calcula automáticamente el peso promedio y la desviación estándar, tanto del filtro muestreado como del blanco de laboratorio.

Impactadores Placas

Para los filtros de impactadores de placas, se pesan 12 filtros. Por cada estación donde se haya colocado el impactador de placas son 6 filtros. Cada uno de los filtros se debe pesar una sola vez.

Al haber finalizado el pesaje de los filtros, se indica que se va a finalizar el pesaje de los filtros, y el programa guarda la hora, fecha, y los datos de temperatura y humedad de ese instante de tiempo.

Cuando se termina el pesaje de los filtros, se procede a crear la base de datos en Excel. Si se especificó una dirección y un archivo de Excel existente, el programa crea una nueva hoja de cálculo en este archivo con la fecha de muestreo. Si no se especifica esto, el programa crea un nuevo archivo de Excel, y de igual manera, se crea una hoja de cálculo con la fecha de muestreo, en el caso de que le pesaje se haya realizado antes del muestreo. Cuando el pesaje se ha realizado después del muestreo, el programa crea en la misma hoja de cálculo existente de la fecha de muestreo, las tablas con los datos pesados.

Cuando ha existido un error al pesar los filtros, o se ha pesado de manera parcial una campaña, se puede abrir los datos pesados parcialmente y añadir o modificar estos datos. Al finalizar el pesaje, se guardaran los nuevos datos y con la fecha y hora del último cambio efectuado.

Control automático de humedad relativa

Para realizar el control automático de la humedad relativa del ambiente, se crea un programa que va a manejar de manera automática el encendido y apagado del humidificador y del deshumidificador, así como también encendido y apagado de las luces piloto a través de la tarjeta de adquisición de datos.

El programa realiza la lectura de los datos instantáneos de humedad y temperatura del ambiente mediante 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.

Para el manejo de dos luces piloto, de igual manera se trabaja con el *Datalogger*, pero en este caso se leerán todos los datos almacenados en su pila interna. Luego de leer los datos almacenados, se procederá a calcular el promedio de los últimos 576, ya que este es el número de lecturas que realiza el *Datalogger* en 48 horas cada 5 minutos.

Al finalizar el promedio de los datos de humedad relativa, se procede a encender la luz piloto verde si el promedio se encuentra dentro del valor de 45% a 55%, o la luz piloto roja si el promedio se encuentra fuera de este rango de valores.

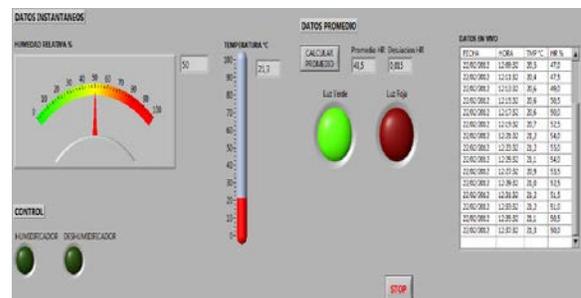


Figura 7. Control automático

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, arrojando los siguientes resultados:

Monitoreo de humedad y temperatura



Figura 8. Monitoreo de humedad y temperatura

Adquisición de pesos de los filtros

Se realizan 2 pruebas, una con pesos antes del muestreo y otra con pesos después del muestreo.

Pesaje antes del muestreo

Peso	Estación	Belisario		Cotocollao	
		PESO	DESV. EST.	PESO	DESV. EST.
Peso 1	Belisario	1,452767	0,000153		
Peso 2	Belisario	1,452333	0,000153		
Peso 3	Cotocollao	1,452733	0,000115		
	Cotocollao	1,451967	0,000153		

Figura 9. Pesos en LABVIEW

FECHA	HORA	TMP °C	HR %
19/03/2012	11:59:32	20,1	50,5
19/03/2012	12:01:32	20,0	48,5

Figura 10. Pesos en EXCEL

Pesaje después del muestreo

Estación	Peso	DESV. EST.
Belisario Inicial	PESO	1,452767
	DESV. EST.	0,000153
Belisario Final	PESO	1,452333
	DESV. EST.	0,000153
Cotocollao Inicial	PESO	1,452733
	DESV. EST.	0,000115
Cotocollao Final	PESO	1,451967
	DESV. EST.	0,000153

Figura 11. Pesos en LABVIEW

FECHA	HORA	TMP °C	HR %
19/03/2012	11:59:32	20,1	50,5
19/03/2012	12:01:32	20,0	48,5

Figura 12. Pesos en EXCEL

Control automático de humedad

Luego de realizar el control automático de humedad, se obtiene la siguiente tabla:

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 2. Tabla de datos de control de humedad

Y con estos resultados se obtiene una curva Humedad vs Tiempo:

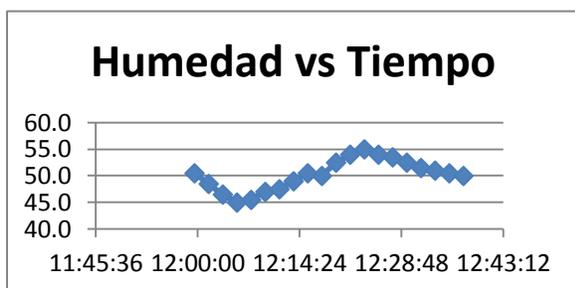


Figura 13. Gráfica humedad vs tiempo

Donde se puede observar que al realizar el control automático de humedad, el valor se mantiene dentro del rango de 45 a 55% de humedad relativa.

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 de pesaje de los filtros así como también el tiempo del operador que 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 desarrolló 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. Aquí hay que conectar y desconectar la fase y mantener como común el neutro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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



Jorge Xavier Alvear Manosalvas, nace en la ciudad de Quito en el año de 1986. Sus estudios primarios y secundarios los realizó en el Colegio Cardenal Spellman, obteniendo el título de Bachiller en Ciencias con especialidad en Físico Matemático. Posteriormente continúa con sus estudios universitarios en la Escuela Politécnica del Ejército en la Carrera de Ingeniería Electrónica, Automatización y Control. Sus áreas de interés son: sistemas SCADA, automatización con microcontroladores y PLCs, diseño de HMIs en LabVIEW, Factory Talk e Intouch.

e-mail: georgexam@hotmail.com