

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL LOCAL Y REMOTO APLICADO A UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HONGOS

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico

AUTORES:

Paúl Andrés Burbano Abril Marco Vinicio Tintín Duran

DIRECTOR:

Francisco Eugenio Vázquez Calero

Cuenca, Ecuador

2013

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a todos mis seres queridos los que están aquí conmigo y los que se convirtieron en mis ángeles de la guarda, sin ustedes jamás lo habría logrado.

Y a todos quiero dedicarles una frase inspiradora.

Solo tan alto a donde alcanzo puedo crecer, solo tan lejos a donde exploro puedo llegar, solo en la profundidad en la que miro puedo ver, solo en la medida en la que sueño puedo ser.

Andrés.

AGRADECIMIENTOS

Creo que el mayor agradecimiento se lo debo a Dios por iluminar mi camino y darme la entereza para no desmayar en la lucha por realizar mi sueño.

A mis padres por luchar por mí con toda su dedicación, cariño y esfuerzo, sus valores y amor fueron indispensables para poder llegar hasta aquí, este triunfo es de ustedes y espero poder un día devolverles algo de todo lo que incondicionalmente entregaron por mí, a mis abuelos que han sido unos padres para mi durante toda mi vida y que siempre estuvieron ahí, a mi novia que estuvo a mi lado durante todo este largo camino apoyándome, a mi hermano querido, Gracias por todo los amo.

A mi amigo de muchos años con el que tuve el honor de tener a mi lado durante todo este trayecto peleando por nuestro objetivo, esto es fruto de nuestro esfuerzo amigo y eso es invaluable, a mi tío por darme la oportunidad de realizar este trabajo y a todas las personas que de una u otra manera estuvieron ahí apoyándome, Gracias.

Andrés.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de graduación a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A todos aquellos familiares y amigos que han sido pilares fundamentales en mi vida. Ustedes saben quiénes son.

Marco.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi papá Saúl por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante; mi mamá Carmita y mi segunda mamá Mariana, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor; a mis hermanos Estefany, Tatiana y John, ¡gracias por todo!

A mi compañero y gran amigo Andrés con el que he batalla desde el colegio, gracias por permitirme realizar este trabajo de graduación contigo, al Ing. Jaime Burbano por abrirnos las puertas de su planta de producción.

A los docentes de la Universidad del Azuay que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.

Marco.

June 13

RESUMEN

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL LOCAL Y REMOTO APLICADO A UNA PLANTA DE PRODUCCION DE HONGOS

El objetivo principal de esta tesis consistió en monitorear y automatizar el proceso de cultivo y producción del hongo ostra (Pleurotus Ostreatus) realizado en una planta ubicada en la parroquia Tarqui provincia del Azuay. Para lo cual se construyó todo el sistema de monitoreo y control utilizando como base de hardware micro-controladores, cuyo software fue desarrollado en lenguaje BASIC, los cuales fueron adaptados a través de interfaces que permiten tanto el manejo de actuadores de corriente alterna como la comunicación con la computadora a través de una red serial RS-485; el sistema de interfaz humando fue laborado en LabView el cual es el encargado de mostrar los diferentes parámetros al usuario del sistema, adicionalmente y considerando la lejanía del lugar se implemento un sistema de monitoreo remoto el cual permite al usuario el acceso al sistema desde cualquier lugar y desde cualquier dispositivo con acceso a internet.

Palabras Claves: Monitorear, Automatizar, Micro-controladores, Basic, RS-485,

Labview, Internet.

Ing. Francisco Vázquez C.

Director de Tesis.

Paul Andres Burbano A.

Ing. Francisco Vázquez C.

Director de Escuela.

Marco Vinicio Tintín D.

Denney 1.3

ABSTRACT

MONITORING SYSTEM AND LOCAL AND REMOTE CONTROL SYSTEM APPLIED TO A PLANT FOR THE PRODUCTION OF MUSHROOMS

The main goal of this thesis was to monitor and mechanize the cultivation process and the production of oyster mushrooms (*Pleurotus Ostreatus*) in a plant located in the Parish of Tarqui, province of Azuay. For this purpose, a complete monitoring and control system was built based on micro-controller hardware. The software was developed in BASIC language, which was adapted through interfaces that allow handling the alternating current actuators as well as the communication with the computer through RS-485 serial interface. The human-machine interface was operated in Lab View, which is in charge of showing the different parameters to the user. In addition, a remote monitoring system was implemented considering the distance, which gives the user access to the system from any place and from any device with internet access.

Key Words: Monitoring, Automate, Micro-controllers, Basic, RS-485,

Lab view, Internet.

Ing. Francisco Vázquez C.

Thesis Director

Paul Andrés Burbano A.

DPTO. IDIOMAS

Ing. Francisco Vázquez C.

School Director

Marco Vinicio Tintín D.

Translated by,

Diana Lee Rodas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICAT	ORIA	ii
AGRADE	CIMIENTOS	iii
DEDICAT	ORIA	iv
AGRADE	CIMIENTOS	v
RESUME	N	vi
ABSTRAC	CT	vii
ÍNDICE D	E CONTENIDOS	viii
ÍNDICE D	E TABLAS	xii
	E ECUACIONES	
	E FIGURAS	
INTRODU	JCCIÓN	1
CAPITUL	O 1: RECOPILACIÓN TEÓRICA	
1.1 De	escripción del Pleurotus Ostreatus (Hongo Ostra)	3
1.1.1	Características Morfológicas	4
1.2 Pr	oducción del Hongo Ostra	5
1.2.1	Preparación del sustrato.	5
1.2.2	Cultivo	5
1.2.3	Siembra.	6
1.2.4	Requerimientos para la cosecha.	6
1.3 M	icrocontrolador	7
1.3.1	Herramientas de software	8
1.3.2	Herramientas de Hardware	9
1.3.3	Puertos I/O.	9
1.3.4	Conversor Analógico/Digital.	10
1.3.4	4.1 Proceso de Muestreo.	11
1.3.4	4.2 Proceso de Cuantificación.	11
1.3.4	4.3 Parámetros principales del convertidor	12
1.4 Co	omunicación RS232C.	13
1.4.1	Transmisión Asíncrona.	13
1.4.2	Transmisión Full-duplex	14

1.4	4.3 La Norma RS-232	14
1.5	Sensores.	15
1.5	5.1 Termistores	15
1	1.5.1.1 Principio Físico	
1	1.5.1.2 Relación Voltaje vs Temperatura	16
1	1.5.1.3 Características.	16
1.5	5.2 Sensores de humedad relativa.	17
1	1.5.2.1 Principio Físico	17
1	1.5.2.2 Características.	17
1.5	5.3 Sensor de CO ₂ .	18
1	1.5.3.1 Principio de funcionamiento del sensor de CO ₂	19
1.6	Servicios WEB en LabVIEW	20
1.6	Ventajas de los Servicios Web	21
1.6	Especificaciones de los Servicios Web	22
1.6	5.3 Capas de los Servicios Web	22
1.6	6.4 Arquitectura de Servicios Web	23
CAPÍT	TULO 2: DISEÑO DE HARDWARE	
2.1	Metodología de Diseño de Hardware	24
2.1	1.1 Ventajas del Diseño Top-Down	25
2.2	Herramientas para diseño de hardware	25
2.2	2.1 Herramientas CAD	25
2.3	Diseño de Hardware	26
2.3	3.1 Altium Designer	26
2.4	Señales	27
2.4	4.1 Señales Adquiridas	27
2.4	4.2 Señales de Control	27
2.5	Sensores.	28
2.5	5.1 Sensor de Temperatura	28
2.5	•	
2.5		
2.6	Hardware	32

2.6.1	Hardware de Control – Potencia.	32
2.6.1.1	l Opto-Triac	32
2.6.1.2	2 Triac	33
2.6.1.3	Relé de estado sólido.	33
2.6.2	Hardware de Transmisión de Datos.	34
2.6.2.1	Módulo USART	34
2.6.2.2	2 RS-485	35
2.6.3	Esquemas y Placas Finales de Control-Potencia y Transmisión de	
Datos		37
2.6.4	Hardware para Acondicionamiento de Señales	39
2.6.4.1	Acondicionamiento del Sensor de Temperatura	40
2.6.4.2	2 Acondicionamiento del Sensor de Humedad	40
2.6.4.3	Acondicionamiento del Sensor de CO ₂	41
2.7 Cab	leado del Sistema	43
CAPÍTULO	3: DISEÑO DE SOFTWARE	
3.1 Soft	ware para el microcontrolador	45
3.1.1	Subrutina de Interrupción	
3.1.2	Algoritmo de la Subrutina de Interrupción.	
3.1.3	Control de Banda Muerta.	
3.1.4	Subrutina de Control de Temperatura.	
	Algoritmo de la Subrutina de Control de Temperatura	
3.1.5	Subrutina de Control de Humedad.	
3.1.5.1		
3.1.6	Subrutina de Control de CO ₂	
3.1.6.1		
3.1.7	Programa de Microcontrolador Elaborado en Basic	
	tware de Interfaz de Usuario elaborado en LabVIEW	
3.2.1	Algoritmo del programa elaborado en LabVIEW	
3.2.2	Programa de LabVIEW	
3.2.2.1		
3.2.2.2	2 Configuración Serial	65

3.2.2.3	Envió de Dirección y Recepción de Información	65
3.2.2.4	Conversión	66
3.2.2.5	Control de datos corruptos y almacenamiento.	66
3.2.2.6	Creación del archivo de registro	67
3.2.2.7	Formato del archivo de registro	67
3.3 Imple	ementación de Servicios Web para el monitoreo remoto	68
3.3.1	Configuración del router.	69
3.3.2	Implementación del servicio web en Labview	72
CAPÍTULO	4: PRUEBAS DEL SISTEMA	
4.1 Hard	ware para pruebas	78
4.1.1	Especificaciones técnicas de la tarjeta DAQ USB-6009	79
4.2 Pruel	bas Sensores.	80
4.2.1	Pruebas del sensor de temperatura	80
4.2.1.1	Software para pruebas.	80
4.2.1.2	Resultados.	81
4.2.1.3	Curva de temperatura Post Amplificación.	83
4.2.2	Pruebas del sensor de humedad.	85
4.2.2.1	Software para pruebas.	85
4.2.2.2	Resultados	85
4.2.3	Pruebas del sensor de CO ₂ .	87
4.2.3.1	Software para pruebas.	87
4.2.3.2	Resultados.	88
4.3 Pruel	bas Transmisión de Datos	89
4.3.1	Datos Trasmitidos	89
4.3.2	Datos Recibidos	90
4.4 Pruel	bas del Sistema de Control	91
4.4.1	Sistema de comprobación del control de Banda Muerta	92
4.5 Pruel	ba Sistema de Monitoreo remoto	94
CONCI LIST	ONES Y RECOMENDACIONES	07
	IAS BIBLIOGRÁFICAS	
	IAS ELECTRÓNICAS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Características Eléctricas Sensor de Temperatura LM35DZ29
Tabla 2. 2 Comparativa de los estándares para transmisión serial
Tabla 3. 1 Rangos de Temperatura a controlar y voltajes equivalentes para la zona de
Invernadero. 49
Tabla 3. 2 Rangos de Temperatura a controlar y voltajes equivalentes para la zona de
Invernadero. 49
Tabla 3. 3 Rangos de Humedad Ambiental a controlar y voltajes equivalentes para la
zona de Invernadero
Tabla 3. 4 Rangos de Humedad Ambiental a controlar y voltajes equivalentes para la
zona de Producción
Tabla 3. 5 Rangos de CO ₂ en el Aire a controlar y voltajes equivalentes
Tabla 4. 1 Especificaciones de las entradas analógicas del DAQ USB-600979
Tabla 4. 2 Tabla 4.2 Especificaciones de las salidas analógicas del DAQ USB-6009.
Tabla 4. 3 Especificaciones de las entradas / salidas digitales del DAQ USB-6009. 80

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. 1 Ecuación para encontrar el L.S.B.	12
Ecuación 1. 2 Reacción catódica en el sensor de CO ₂	19
Ecuación 1. 3 Reacción Anódica en el sensor de CO ₂	19
Ecuación 1. 4 Reacción Química Total del Sensor de CO ₂ .	19
Ecuación 1. 5 Ecuación de Nerst's	19
Ecuación 2. 1 Relación matemática entre Voltaje de Alimentación y Humedad	
Relativa.	30
Ecuación 2. 2 Ecuación semi-logarítmica.	31
Ecuación 2. 3 Ecuación que define la curva entre 400ppm y 1000ppm	32
Ecuación 2. 4 Ecuación que define la curva entre 1000ppm y 10000ppm	32
Ecuación 2. 5 Ecuación que definen la relación entre ppm y voltaje entre 400 y	
1000ppm	32
Ecuación 2. 6 Ecuación que definen la relación entre ppm y voltaje entre 1000ppn	n y
10000ppm	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Fotografía del Pleurotus Ostreatus maduro.	4
Figura 1. 2 Descripción General del Proceso.	7
Figura 1. 3 Representación esquemática de la estructura de un microcontrolador	7
Figura 1. 4 Pantalla de trabajo en MIKOBASIC.	8
Figura 1. 5 Imagen del programador PICkit 2 de Microchip ®	9
Figura 1. 6 Pines del microcontrolador de la serie 18F4550.	. 10
Figura 1. 7 Proceso de digitalización de una señal. El "Sample and Hold" captura l	la
muestra y almacena su nivel de voltaje en un capacitor. El cuantificador (ADC) es	el
encargado de convertir la muestra almacenada en el capacitor del S/H en un código	O
digital de "n" bits.	. 11
Figura 1. 8 Transmisión Asíncrona.	. 14
Figura 1. 9 Relación entre Temperatura y Resistencia en un Termistor	. 16
Figura 1. 10 Relación entre Voltaje y Humedad de un sensor de humedad relativa.	18
Figura 1. 11 Sensor de CO ₂	. 20
Figura 1. 12 Ejemplo de una aplicación para cliente liviano desarrollado usando	
adobe flex, el cual puede transformar datos recibidos desde un VI de labview en un	na
interface de usuario basada en web.	. 22
Figura 1. 13 Diagrama que muestra las capas del protocolo estándar usado para la	
comunicación desde una aplicación cliente hacia un servicio Web de LabVIEW	. 23
Figura 1. 14 Los servicios web pueden comunicarse con las aplicaciones existentes	s a
través de variables compartidas y la memoria compartida para pasar los datos y	
parámetros de configuración de una interfaz Web remota	. 23
Figura 2. 1 Estructura grafica de Diseño tipo Top-Down	. 25
Figura 2. 2 Ciclo Diseño-Prototipación-Verificación	
Figura 2. 3 Señales del sistema.	
Figura 2. 4 Esquema de un sistema de Control de Proceso.	
Figura 2. 5 Ejemplo de una señal digital	
Figura 2. 6 Sensor de Temperatura LM35DZ	
Figura 2. 7 Voltaje vs. Temperatura	
Figura 2. 8 Sensor de humedad HIH-4010.	
Figura 2. 9 Voltaje de Salida vs. Humedad Relativa.	. 30

Figura 2. 10 Sensor de CO ₂ MG811.	31
Figura 2. 11 Curva de sensibilidad del sensor de CO ₂ MG811	31
Figura 2. 12 Opto-Triac.	33
Figura 2. 13 Triac.	33
Figura 2. 14 Circuito de Control y Potencia.	34
Figura 2. 15 Topología tipo Bus en una red RS485.	35
Figura 2. 16 Descripción de la lógica interna del MAX485.	37
Figura 2. 17 Esquema Eléctrico del Sistema de Control-Potencia y Transmisi	ión de
Datos.	38
Figura 2. 18 Circuito Impreso del Sistema de Control-Potencia y Transmisión	n de
Datos.	39
Figura 2. 19 Conexión entre Sensores y Placas de Acondicionamiento	39
Figura 2. 20 Esquema Eléctrico del Sistema de Acondicionamiento para el Se	ensor de
Temperatura.	40
Figura 2. 21 Circuito Impreso del Sistema de Acondicionamiento para el Sen	isor de
Temperatura.	40
Figura 2. 22 Esquema Eléctrico del Sistema de Acondicionamiento para el Se	ensor de
Humedad.	41
Figura 2. 23 Circuito Impreso del Sistema de Acondicionamiento para el Sen	isor de
Humedad.	41
Figura 2. 24 Diagrama de bloques para el Acondicionamiento del sensor de G	CO ₂ 42
Figura 2. 25 Esquema Eléctrico del Sistema de Acondicionamiento del Sens	or de
CO ₂	42
Figura 2. 26 Circuito Impreso del Sistema de Acondicionamiento del Sensor	de CO ₂ .
	42
Figura 2. 27 Esquema Eléctrico para Alimentación del Sistema de	
Acondicionamiento del Sensor de CO ₂	43
Figura 2. 28 Circuito Impreso para Alimentación del Sistema de Acondiciona	amiento
del Sensor de CO ₂ .	43
Figura 2. 29 Levantamiento del Área de Producción y Distribución de los dis	stintos
Elementos.	44
Figura 3. 1 Diagrama de flujo del programa principal del microcontrolador	45
Figura 3. 2 Diagrama de flujo de la subrutina de interrupción	46

Figura 3. 3 Comportamiento de las Señales de Entrada Vs las Señales de Salida en	un
Control de Banda Muerta.	. 48
Figura 3. 4 Diagrama de Flujo de la Subrutina del Control de Temperatura	. 49
Figura 3. 5 Diagrama de Flujo de la Subrutina del Control de Humedad Ambiental	l.51
Figura 3. 6 Diagrama de Flujo de la Subrutina del Control de Volumen de CO ₂	. 53
Figura 3. 7 Diagrama de Flujo del Programa Elaborado en LabVIEW	. 59
Figura 3. 8 Diagrama de Flujo del Programa Para la Creación del Archivo de	
Registro.	. 60
Figura 3. 9 Inicialización de variables.	. 64
Figura 3. 10 Diagrama de bloques Inicialización de arreglos.	. 64
Figura 3. 11 Diagrama de bloques Inicialización de arreglos.	. 65
Figura 3. 12 Envió de Dirección y Recepción de Información.	. 65
Figura 3. 13 Diagrama de bloques VI de Conversión de datos	. 66
Figura 3. 14 Control y concatenación de datos a arreglos.	. 67
Figura 3. 15 Creación del archivo de registro.	. 67
Figura 3. 16 Formato y organización del archivo de registro.	. 68
Figura 3. 17 Pantalla de autentificación del servidor web de LabVIEW	. 69
Figura 3. 18 Pantalla configuración del servidor web de LabVIEW.	. 69
Figura 3. 19 Pantalla de acceso a la configuración del router.	. 70
Figura 3. 20 Pantalla menú para configuración del router.	. 70
Figura 3. 21 Pantalla de configuración del firewall.	. 71
Figura 3. 22 Pantalla de habilitación del circuito virtual.	. 71
Figura 3. 23 Configuración del circuito virtual.	. 72
Figura 3. 24 Explorador de proyectos de LabVIEW	. 72
Figura 3. 25 Creación de las variables compartidas	. 73
Figura 3. 26 Conexión con variables compartidas.	. 73
Figura 3. 27 Creación del VI a ser compartido a través de los servicios web	. 74
Figura 3. 28 Creación del servicio web.	. 74
Figura 3. 29 Ventana de propiedades del servicio web (Nombre del servicio)	. 75
Figura 3. 30 Ventana de propiedades del servicio web (Archivo fuente)	. 75
Figura 3. 31 Ventana de propiedades del servicio web (Mapeo)	. 76
Figura 3. 32 Ventana de construcción exitosa del servicio web.	. 76
Figura 3. 33 Variables desplegadas en el explorador de proyectos	. 77
Figura 3. 34 Ventana que indica la correcta implementación del servicio web	. 77

Figura 4. 1 Tarjeta de adquisición DAQ USB-6009
Figura 4. 2 Distribución de salidas y entradas del DAQ USB-6009
Figura 4. 3 Programa de LabVIEW para comprobación del sensor de temperatura 81
Figura 4. 4 Curva resultante del aumento de temperatura del sensor 1
Figura 4. 5 Curva resultante del aumento de temperatura del sensor 2
Figura 4. 6 Curva resultante del aumento de temperatura del sensor 3
Figura 4. 7 Curva resultante de la disminución de la temperatura del sensor 1 82
Figura 4. 8 Curva resultante de la disminución de la temperatura del sensor 2 83
Figura 4. 9 Curva resultante de la disminución de la temperatura del sensor 3 83
Figura 4. 10 Programa de LabVIEW para comprobación del sistema de amplificación
de los sensores de temperatura
Figura 4. 11 Señal entregada por el sensor te temperatura (azul) vs Señal amplificada
(Verde)
Figura 4. 12 Programa de LabVIEW para comprobación del sensor de humedad 85
Figura 4. 13 Curva resultante en voltaje debido a la variación de HR del sensor 1 86
Figura 4. 14 Curva resultante en porcentaje debido a la variación de HR del sensor 1.
86
Figura 4. 15 Curva resultante en voltaje debido a la variación de HR del sensor 2 86
Figura 4. 16 Curva resultante en porcentaje debido a la variación de HR del sensor 2.
87
Figura 4. 17 Programa de LabVIEW para comprobación del sensor de CO ₂
Figura 4. 18 Curva resultante en voltaje (pre amplificación) del sensor de CO ₂ 88
Figura 4. 19 Curva resultante en voltaje (post amplificación) del sensor de CO ₂ 88
Figura 4. 20 Curva resultante en PPM's (Partes Por Millón) del sensor de CO ₂ 89
Figura 4. 21 Configuración #1 de voltajes ingresados a los ADC del
microcontrolador89
Figura 4. 22 Configuración #2 de voltajes ingresados a los ADC del
microcontrolador90
Figura 4. 23 Configuración #3 de voltajes ingresados a los ADC del
microcontrolador90
Figura 4. 24 Datos recibidos en la configuración #1 de transmisión
Figura 4. 25 Datos recibidos en la configuración #2 de transmisión
Figura 4. 26 Datos recibidos en la configuración #3 de transmisión

Figura 4. 27 Comportamiento de las Señales de Entrada Vs las Señales de Salida en
un Control de Banda Muerta
Figura 4. 28 Programa de LabVIEW para la simulación de la señal de ingreso y
adquisición de la señal de salida entregada por el microcontrolador93
Figura 4. 29 Señal de Sensor Simulada vs Señal Entregada por el Microcontrolador.
93
Figura 4. 30 Panel Frontal del programa de LabVIEW mostrando los datos
adquiridos por el sistema94
Figura 4. 31 Parámetros del sistema mostrados en el explorador web
Figura 4. 32 Dirección IP entregada por el proveedor del servicio de internet 96
Figura 4. 33 Parámetros del sistema mostrados en un dispositivo móvil utilizando la
red de datos móviles96

Paul Andrés Burbano Abril Marco Vinicio Tintín Duran Trabajo de Graduación Ing. Francisco Eugenio Vázquez Calero **Enero** 2013

SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL LOCAL Y REMOTO APLICADO A UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HONGOS.

INTRODUCCIÓN

El hongo ostra (Pleurotus Ostreatus) en el país, es producido por empresas que en su mayoría lo realizan de manera totalmente artesanal por lo que el caso de esta empresa en singular no dista de la realidad general, de este modo surge la necesidad de tecnificar el proceso, buscando de esta manera reducir los tiempos de producción, mejorando al mismo tiempo la calidad del producto y reduciendo su costo final; Es así que surge el objetivo principal de la tesis "Diseñar e implementar un sistema de monitoreo y control local y monitoreo remoto aplicado a una planta de producción de hongos".

Al tratarse de la implementación de un sistema complejo, se requiere de un profundo estudio previo con la finalidad de entender en primera instancia el producto y la evolución del mismo a través de todas las fases previas a su obtención. El capítulo 1 recopila la base teórica de toda la tesis previa al diseño del sistema, permitiendo de este modo diagramar el sistema de manera general guiándose en los principios teóricos de cada una de las etapas del proceso.

El capítulo 2 aborda directamente la fase diseño y construcción de la base física del proyecto, es decir todo el hardware asociado al microcontrolador como núcleo del mismo, mientras que el capítulo 3 desarrolla todo el software asociado tanto al microcontrolador como al sistema central encargado de la comunicación y de interacción con el usuario.

La última y más importante parte del proceso de diseño y construcción es la fase de pruebas, en la cual se acoplo todo el sistema acondicionándolo a las características del lugar donde está instalado, esto hizo que se efectuaran modificaciones no incluidas en el análisis inicial, que permitieron fusionar de manera absoluta el sistema de monitoreo y control al proceso de producción del producto.

CAPITULO 1

Recopilación Teórica

El cultivo de hongos comestibles del género Pleurotus spp., comúnmente conocidos como hongos ostra u orellanas, fue realizado por primera vez en el mundo a principios del siglo pasado y se ha incrementado en las últimas cinco décadas, alcanzando el 14,2% de la producción total de hongos comestibles en el mundo en el año de 1997, siendo China el principal productor con el 86,8% de la producción mundial y con cerca de 800.000 toneladas producidas al año.

El proceso de producción en general de siembra y cultivo del hongo ostra (*Pleurotus* ostreatus) en el Ecuador, desde el proceso de preparación del sustrato hasta el cultivo es realizado de forma totalmente manual, es decir no existe ningún planta de producción que realice el proceso de forma profesional y en algunos casos incluso se considera una producción artesanal. Esto significa que no existe control sobre las plantas de producción existentes, y estas no cumplen con ningún estándar de calidad y menos aún un control de salubridad sobre el producto final.

La siembra y cultivo de este tipo de hongo depende de una gran cantidad de variables como temperatura, humedad relativa, luminosidad, nivel de CO₂ y tiempo. Las cuales deben ser controladas de manera rigurosa con la finalidad de obtener un producto de mejor calidad en el menor tiempo y la mayor cantidad posible, esto hace que la producción manual que se realiza actualmente en la planta, no sea 100% eficiente debido a que el control y monitoreo de estos parámetros no son realizados por un sistema de control dedicado, si no por personal contratado por la empresa.

1.1 Descripción del Pleurotus Ostreatus (Hongo Ostra).

El Pleurotus Ostreatus produce proteínas de alta calidad sobre un sustrato que consiste en materiales de desecho de carácter lignocelulosico, materiales producidos en gran cantidad en la actividad agrícola, que en este caso específico es el bagazo de caña de azúcar. A pesar de que la calidad de las proteínas de los hongos no es tan alta como la proteína animal, se considera que la producción de ésta es más eficiente en términos de costos, espacio y tiempo.

1.1.1 Características Morfológicas.

El sombrerillo de esta seta (cuerpo fructífero), es redondeado, con la superficie lisa abombada y convexa, recordando la forma de las conchas de las ostras, por esta razón es que comúnmente se le llama "Hongo ostra" (Oyster Mushroom). Su tamaño depende de la edad, y oscila entre 5 y 15 cm de diámetro, como se muestra en la figura 1.1, aunque pueden encontrarse ejemplares mucho más grandes. El color es muy variable, crema, blanco grisáceo, pardo, etc. La carne blanca es de olor fuerte, tierno al principio y después correoso.



Figura 1. 1 Fotografía del Pleurotus Ostreatus maduro.

- Proteína bruta entre 26 % y 34 %.
- Proteína verdadera ≈ 18 %.
- Carbohidratos 48.9 %.
- Grasa -2.2 %.
- Valor energético 350 cal/Kg.
- Riboflavina 4.7 mg/100gr.
- Niacina 108.7.
- Tiamina -4.8.

1.2 Producción del Hongo Ostra.

1.2.1 Preparación del sustrato.

Se toma el bagazo de caña y se lo pone a secar sobre una superficie que permita una correcta ventilación del mismo, como puede ser una malla metálica, una vez que el bagazo de caña ha perdido humedad se procede a molerlo en pequeños pedazos para que puedan ser almacenados en las fundas con mayor facilidad. Ahora se procede a humectar nuevamente el bagazo y se procede a introducirlo en una olla de presión a fin de eliminar ciertos microorganismos que puedan generar posteriores problemas en la siembra. Luego de realizar todo este proceso el material toma el nombre sustrato, y está listo para proceder a la siembra del hongo.

1.2.2 Cultivo.

El cultivo del Pleurotus, es simple y requiere de poca inversión inicial, además el sistema más común de siembra es en bolsas. Se obtienen de 8 a 10 Kg por metro cuadrado de superficie de cultivo en tres cosechas.

Puede cultivarse fácilmente sobre troncos de chopo, al aire libre, o sobre balas de paja mezcladas con serrín, en invernaderos; pero es preciso advertir que, si no se mantiene la temperatura, la humedad y la luminosidad adecuadas, es difícil obtener setas de forma continuada.

Lo fundamental consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato leñoso-celulósico húmedo (casi siempre pasteurizado), incubarlo a 20-25° C y a una humedad relativa de alrededor del 65%. El cultivo en troncos tiene la ventaja de ser de un bajo costo de implementación pero con producción principalmente estacional, generalmente en otoño y en primavera que es cuando se dan las condiciones naturales de temperatura y humedad para que el hongo fructifique.

Ventajas del cultivo del hongo Ostra:

- Sus principales substratos de crecimiento son residuos vegetales ricos en ligninas como maderas, cáscaras, vainas de leguminosas y pajas de cereales lo cual permite utilizar un residuo muy barato y fácil de conseguir.
- Es un gran colonizador capaz de desplazar otros organismos, lo cual requiere menos energía para eliminar probables contaminantes.

- Por crecer en materiales ricos en lignina y celulosa, enfrenta pocos competidores que puedan prosperar sobre el mismo substrato.
- Su crecimiento es rápido, produciendo un rendimiento promedio de 20% del peso del substrato que lo contiene.
- La consistencia del carpófago (callampa o sombrero del hongo) es mayor a la mayoría de los otros hongos comestibles, por lo que su vida de pos cosecha es más prolongada.
- Por ser un producto menos cultivado que el champiñón, su precio es mayor en el mercado nacional e internacional.

1.2.3 Siembra.

El sustrato se inocula con lo que comúnmente se denomina "semilla" o micelio; el cual consiste en granos de trigo estériles, cuya superficie se encuentra cubierta por hifas del hongo en cuestión.

Es conveniente emplear "semilla" en una proporción de 2-3 % peso en peso (mezclar 2 kg de semilla cada 100 kg de sustrato húmedo). No se debe realizar la siembra hasta que el sustrato este frío o al menos a 25°C ya que a mayor temperatura el micelio puede morirse.

Para ello se puede colocar el sustrato en una mesa, bolsa o tolva. En esta etapa se debe prevenir la aparición de contaminaciones trabajando con ropa limpia y en lugares sin corrientes de aire que transporten polvo. Al cabo de unos días, el micelio comienza a crecer sobre el sustrato.

Después de la siembra el micelio no requiere mayores cuidados, debe estar en una habitación oscura con temperatura controlada. Inmediatamente después de descender la temperatura del ambiente y comenzar con la foto período se deben hacer tajos, u orificios sobre las bolsas negras para que el micelio reciba el estímulo de la luz.

1.2.4 Requerimientos para la cosecha.

Humedad relativa: 95-100%. Temperatura ambiente: 15-18°C. Duración: 5-7 semanas. Ventilación: 4-6 renovaciones por hora. Iluminación: requiere 2000 lux/hora durante 12 horas al día.

Se puede utilizar tubos fluorescentes o bien luz difusa natural, se obtienen oleadas aproximadamente cada 10 días y normalmente se cosechan 2-3 oleadas pero es posible obtener más.

La figura 1.2 muestras el sistema de control que se empleara para el control del proceso de producción.

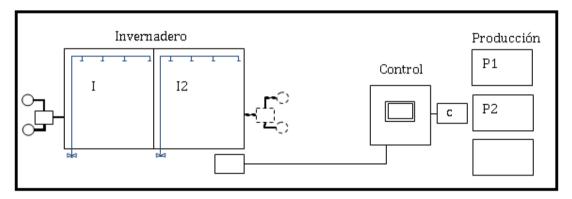


Figura 1. 2 Descripción General del Proceso.

1.3 Microcontrolador.

Un microcontrolador es un circuito integrado que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: (CPU) Unidad Central de Procesamiento, Memoria y periféricos de entrada y salida, como se indica en la figura 1.3.

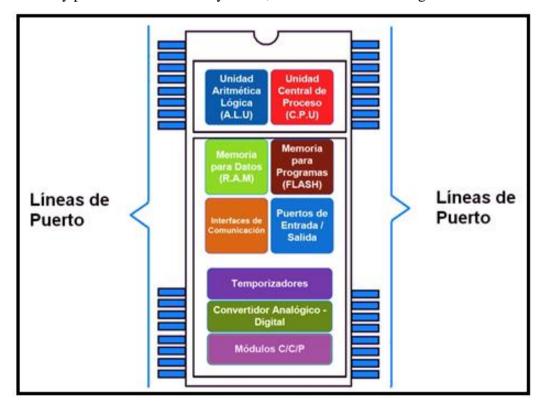


Figura 1. 3 Representación esquemática de la estructura de un microcontrolador.

El microcontrolador a utilizar es el PIC 18F4550 de Microchip ® el cual consta con las características técnicas ideales para la realización de proyectos que requieren robustez, flexibilidad y capacidad de procesamiento, el integrado tiene diferentes módulos integrados como se muestran a continuación.

1.3.1 Herramientas de software.

- Editor y Compilador. El editor permite escribir el programa. Los programas deben escribirse en un orden lógico y siguiendo una sintaxis especifica. Los compiladores permiten verificar si los comandos de un programa han sido escritos de manera correcta.
- Herramientas I.D.E (Integrated Development Environment). Se refieren como "Ambientes Integrados de Desarrollo". Son paquetes de aplicación que integran todas o la mayoría de las funciones de una Herramienta de Desarrollo de software. Un paquete de este tipo es MIKROBASIC, este posee editor, compiladores, simulador y manejadores para diferentes herramientas de desarrollo de hardware. La figura 1.4 muestra el entorno de trabajo de MIKROBASIC.

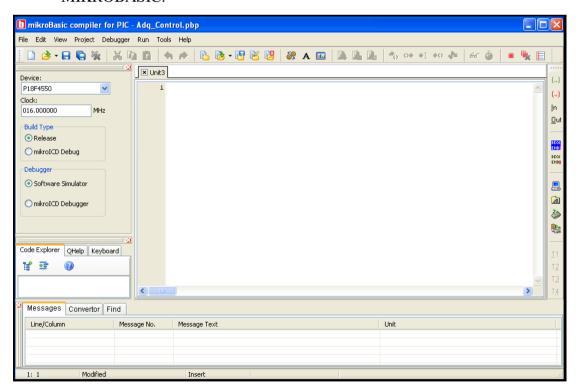


Figura 1. 4 Pantalla de trabajo en MIKOBASIC.

Herramientas de Hardware. 1.3.2

- Computadora Personal. Herramienta necesaria para utilizar los utilitarios de software.
- **Programador.** El PICkit™ 2 fabricado por Microchip™ es un programador de bajo costo y también es un debugger que se conecta al puerto USB de la PC, figura 1.5.

El PICkit™ 2 es capaz de programar la mayor parte de los microcontroladores flash de Microchip™, soporta PIC10F, PIC12F5xx, PIC16F, PIC18F, PIC24, dsPIC30 y dsPIC33) y también muchos productos EEPROM de Microchip™. Permite grabar el programa compilado y simulado desde la Computadora Personal hacia la Memoria de Programas del chip micro controlador, en este caso se utilizara el programador PICkit 2 de Microchip ®.



Figura 1. 5 Imagen del programador PICkit 2 de Microchip ®.

(http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en023805)

1.3.3 Puertos I/O.

Un puerto comprende una entidad formada por el hardware y el software necesario para garantizar el intercambio de información desde o hacia el dispositivo programable. Un micro controlador se comunica con el exterior solamente a través de líneas de entrada/salida.

Dentro de las características generales más sobresalientes pudieran citarse las siguientes:

Pueden manejar hasta 25 mA de corriente.

- Son configurables individualmente como salidas o entradas, mediante registros denominados "TRIS". Al cargar un UNO en un bit de un TRIS queda programado el pin correspondiente como una entrada y con un CERO queda programado como salida. Los pines vienen programados por defecto como entradas.
- Muchas de ellas están multiplexadas para realizar una de varias funciones, por ejemplo: una misma línea pudiera ser configurada como entrada ó salida digital ó como una entrada analógica.
- Todas las líneas tienen protección contra ESD (Electrostatic Discharge).
- La serie 18F4550 integra cinco tipos de puertos (A, B, C, D, E), como se muestra en la Figura 1.1.

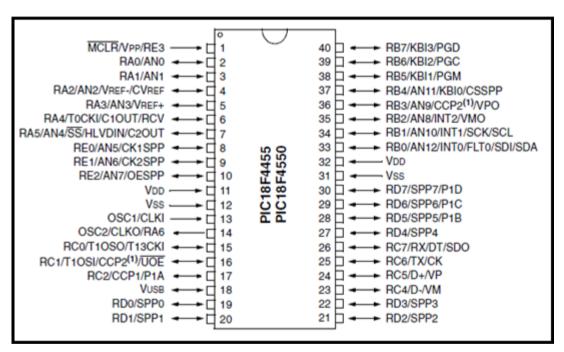


Figura 1. 6 Pines del microcontrolador de la serie 18F4550. (Microchip, Datasheet PIC18F2455/2550/4455/4550, 2006, Pág. 2)

1.3.4 Conversor Analógico/Digital.

Un convertidor analógico - digital es un dispositivo que realizar dos procesos, uno de muestro y el otro de cuantificación, necesarios para digitalizar una señal. En la figura 1.7 se puede observan el proceso de digitalización de la señal.

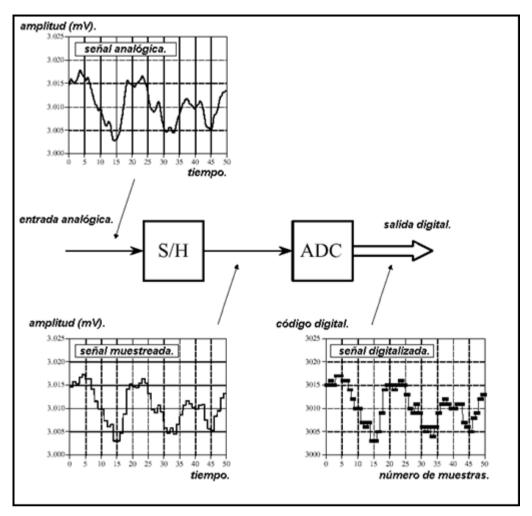


Figura 1. 7 Proceso de digitalización de una señal. El "Sample and Hold" captura la muestra y almacena su nivel de voltaje en un capacitor. El cuantificador (ADC) es el encargado de convertir la muestra almacenada en el capacitor del S/H en un código digital de "n" bits.

1.3.4.1 Proceso de Muestreo.

El muestreo convierte la variable independiente (en este caso el tiempo) de un formato continuo a uno discreto. Durante el intervalo de muestreo los cambios de la señal analógica son ignorados y el valor de la salida del "Sample and Hold" que corresponde al primer valor instantáneo de la señal analógica tomado al iniciar el período de muestreo.

1.3.4.2 Proceso de Cuantificación.

La cuantificación convierte la variable dependiente (en este ejemplo el voltaje) de un formato continuo a uno discreto. Cada muestra es aproximada al entero más próximo, ya sea por exceso o por defecto.

1.3.4.3 Parámetros principales del convertidor.

L.S.B. (Less Significant Bit) es el parámetro que define la calidad de la cuantificación de cada una de las muestras almacenadas en el capacitor del circuito "Sample and Hold".

El L.S.B es una cifra dependiente del Rango de Conversión y de la Resolución del Cuantificador del convertidor. El L.S.B se puede encontrar mediante la siguiente expresión que se muestra en la ecuación 1.1 una vez que se han definido el Rango de Conversión la Resolución.

L.S.B = (Rango de Conversión) / (2Resolución – 1)

Ecuación 1. 1 Ecuación para encontrar el L.S.B.

Rango de Conversión o Valor de Plena Escala del convertidor.

Niveles máximo y mínimo de voltajes de la señal analógica en la entrada que el convertidor puede digitalizar.

Resolución.

Numero de bits que como máximo ofrece el cuantificador del convertidor analógico - digital en su salida. A medida que aumenta la resolución aumenta la precisión de la cuantificación porque el valor del L.S.B disminuye.

Tiempo total de digitalización (conversión).

El tiempo total que demora a un convertidor analógico - digital digitalizar una muestra es igual al Tiempo de Adquisición más el Tiempo de Cuantificación.

Tiempo de Adquisición.

Es el tiempo mínimo que debe ser esperado hasta que se cargue completamente el capacitor del circuito "Sample and Hold" del conversor, antes de ordenar el inicio de una cuantificación.

Tiempo de Cuantificación.

El Tiempo de Cuantificación es el tiempo que demora el cuantificador en construir un código completo en su salida para una muestra que está siendo cuantificada. El Tiempo de Cuantificación es por lo general igual a 12 veces el Período del Reloj de Conversión. El Reloj de Conversión es un temporizador interno que controla la operación del cuantificador del conversor A/D.

Tiempo de muestreo.

Es el tiempo que transcurre entre la toma de muestras sucesivas de una señal.

1.4 Comunicación RS232C.

Es un interfaz de comunicaciones de datos digitales, donde la información es transmitida bit a bit enviando un solo bit a la vez.

RS-232 (Estándar ANSI/EIA-232) es utilizado para una gran variedad de propósitos. 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. Dependiendo de la velocidad de transmisión empleada (300, 600, 1200, 2400, 4800 y 9600 bps), es posible tener cables de hasta 15 metros. RS-232 está limitado a comunicaciones de punto a punto entre los dispositivos y el puerto serial de la computadora.

1.4.1 Transmisión Asíncrona.

En la transmisión asíncrona es el emisor el que decide cuando se envía el mensaje de datos a través de la red. En una red asíncrona el receptor por lo consiguiente no sabe exactamente cuándo recibirá un mensaje. Por lo tanto cada mensaje debe contener, aparte del mensaje en sí, una información sobre cuándo empieza el mensaje y cuando termina, de manera que el receptor conocerá lo que tiene que decodificar.

En el procedimiento asíncrono, cada carácter a ser transmitido es delimitado por un bit denominado de cabecera o de arranque, y uno o dos bits denominados de terminación o de parada.

El bit de arranque tiene dos funciones de sincronización de los relojes del transmisor y del receptor.

El bit o bits de parada, se usan para separar un carácter del siguiente.

Normalmente, a continuación de los bits de información se acostumbra agregar un bit de paridad (par o impar). La figura 1.8 muestra la transmisión asíncrona.

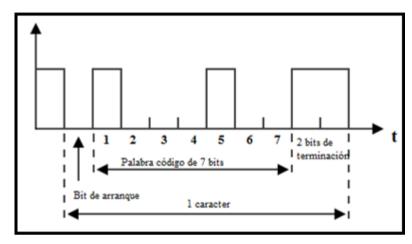


Figura 1. 8 Transmisión Asíncrona.

1.4.2 Transmisión Full-duplex.

La transmisión de datos full-duplex significa que los datos pueden ser transmitidos en ambas direcciones sobre una transportadora de señales al mismo tiempo.

La transmisión full-duplex necesariamente implica una línea bidireccional.

Un sistema telefónico estándar es un ejemplo de una transmisión full-duplex.

Las transmisiones full/full-duplex se utilizan casi exclusivamente con circuitos de comunicaciones de datos.

1.4.3 La Norma RS-232.

Ante la gran variedad de equipos, sistemas y protocolos que existen surgió la necesidad de un acuerdo que permitiera a los equipos de varios fabricantes comunicarse entre sí. La EIA (Electronics Industry Association) elaboro la norma RS-232, la cual define la interface mecánica, los pines, las señales y los protocolos que debe cumplir la comunicación serial.

Todas las normas RS-232 cumplen con los siguientes niveles de voltaje:

- Un "1" lógico es un voltaje comprendido entre -5v y -15v en el transmisor y entre -3v y -25v en el receptor.
- Un "0" lógico es un voltaje comprendido entre +5v y +15v en el trasmisor y entre +3v y +25 v en el receptor.

El envío de niveles lógicos (bits) a través de cables o líneas de transmisión necesita la conversión a voltajes apropiados. La importancia de conocer esta norma, radica en los niveles de voltaje que maneja el puerto serial del ordenador, ya que son diferentes a los que utilizan los microcontroladores y los demás circuitos integrados. Por lo tanto se necesita de una interface que haga posible la conversión de los niveles de voltaje a los estándares manejados por los CI TTL.

1.5 Sensores.

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (temperatura, humedad, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Esto se realiza en tres fases:

- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continúa en una señal discreta.

1.5.1 Termistores.

1.5.1.1 Principio Físico.

Se basan en la dependencia de la resistencia de los semiconductores con la temperatura. Al aumentar la temperatura, aumenta el número de portadores y se reduce la resistencia, en este caso es un TCR negativo. Si el semiconductor está muy dopado este adquiere propiedades metálicas y en un margen de temperatura limitado muestra una variación de resistencia positiva, en este caso es un TCR positivo, en la

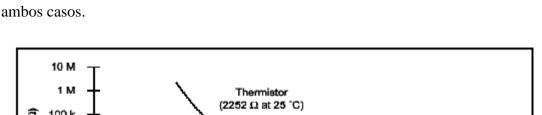


figura 1.9 se muestra la relación Temperatura vs Resistencia de un termistor en

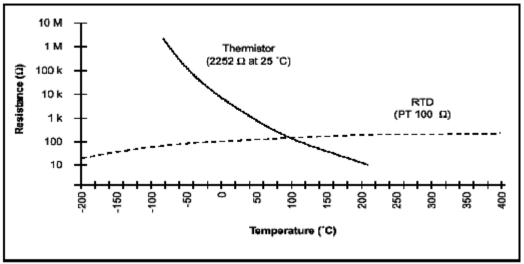


Figura 1. 9 Relación entre Temperatura y Resistencia en un Termistor. (http://www.ni.com/white-paper/3643/es)

1.5.1.2 Relación Voltaje vs Temperatura.

La relación entre resistencia y temperatura en un auto calentamiento viene dada por la siguiente fórmula: $R_T = R_{To} exp[b(1/T - 1/To)]$ donde T es la temperatura en °K, To la temperatura de referencia en °K y b es el coeficiente de temperatura del material.

1.5.1.3 Características.

Los termistores, o resistores térmicos, son dispositivos semiconductores que se comportan como resistencias con un coeficiente de temperatura de resistencia alto y, generalmente negativo. En algunos casos, la resistencia de un termistor a temperatura ambiente puede disminuir hasta un 6% por cada 1°C que se eleve la temperatura. Dada esta alta sensibilidad al cambio de temperatura hacen al termistor muy conveniente para mediciones, control y compensar con precisión la temperatura. El uso de termistores está muy difundido en muchas aplicaciones, en especial en el rango más bajo de temperatura de -50°C a 150°C.

Los termistores se componen de una mezcla sintética de óxidos de metales, como manganeso, níquel, cobalto, cobre, hierro y uranio. Su rango de resistencia va de 0.5 ohms a 75 ohms y están disponibles en una amplia gama de formas y tamaños.

- Son muy exactos.
- Son estables.
- Alta resistencia y sensibilidad.
- Baja masa térmica, mayor velocidad de respuesta que los RTDs.

Sensores de humedad relativa. 1.5.2

1.5.2.1 Principio Físico.

La humedad es la cantidad de vapor de agua presente en un gas o de agua absorbida en un líquido o sólido. La masa de vapor de agua contenida en un volumen dado de gas (g/m3) se denomina humedad absoluta. Normalmente se mide la denominada humedad relativa que es la relación entre la presión parcial del vapor de agua presente y la necesaria para que hubiera saturación a una temperatura dada. Se expresa en tanto por ciento.

La relación entre la humedad relativa y el voltaje es relativamente lineal. Y las curvas son generalmente parecidas a la de la figura 1.10.

1.5.2.2 Características.

- Rango de medición: Humedad relativa 0-100%.
- Precisión en humedad relativa: +/- 3%.
- Respuesta: Entre 4 y 10s.
- Bajo consumo.
- Bajo costo.
- Diseñado para aplicaciones de gran volumen de costo sensible.

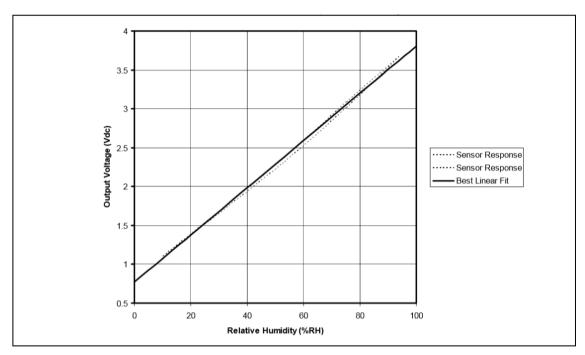


Figura 1. 10 Relación entre Voltaje y Humedad de un sensor de humedad relativa. (Honeywell, HIH-4010/4020/4021 Humidity Sensors, 2007, Pág. 4)

1.5.3 Sensor de CO₂.

Un detector de dióxido de carbono o detector de CO es un dispositivo que detecta la presencia de dióxido de carbono (CO) con el fin de prevenir la intoxicación por dióxido de carbono. La medida de los sensores es de partes por millón (ppm). El CO es un compuesto incoloro e inodoro producido por la combustión incompleta. Los niveles elevados de CO pueden ser peligrosos para los seres humanos en función de la cantidad presente y la duración de la exposición.

Existen 4 tipos principales de sensores o detectores de Dióxido de Carbono o CO₂ y se especifican a continuación:

- Opto Químicos
- **Biomimeticos**
- Electroquímicos
- Semiconductores

Los sensores de CO₂ usados más comúnmente son los electroquímicos y son sensores de gas CO2 con capas sensibles basados en polímeros, tienen la ventaja principal de un consumo energético muy bajo y pueden ser de tamaño reducido para encajar en los sistemas basados en la microelectrónica y por lo general se utilizan

sensores que convierten el nivel de CO₂ en el aire, en niveles de voltaje en el orden de los milivoltios.

1.5.3.1 Principio de funcionamiento del sensor de CO₂.

El sensor adopta el principio de una celda de electrolito sólido, este está compuesto de los siguientes componentes:

Air, Au|NASICON|| carbonate|Au, air, CO2

Cuando el sensor está expuesto a CO2, ocurren las siguientes reacciones en los electrodos mostradas en las ecuaciones 1.2, 1.3, 1.4:

Reacción Catódica:
$$2Li + CO_2 + 1/2O_2 + 2e - = Li_2CO_3$$

Ecuación 1. 2 Reacción catódica en el sensor de CO₂.

Reacción Anódica:
$$2Na+ + 1/2O_2 + 2e- = Na_2O$$

Ecuación 1. 3 Reacción Anódica en el sensor de CO₂.

Reacción Química Total =
$$Li_2CO_3 + 2Na + = Na_2O + 2Li + CO_2$$

Ecuación 1. 4 Reacción Química Total del Sensor de CO₂.

La fuerza electromotriz resultante de la reacción en los electrodos mostrada en las ecuaciones, de acuerdo con la ecuación 1.6 que es la ecuación de Nerst's.

$$EMF = Ec - (R \times T) / (2F) \ln (P(CO_2))$$

Ecuación 1. 5 Ecuación de Nerst's.

Dónde:

$$P(CO_2) = CO_2$$
 - partial Pressure

Ec = Constant Volume

 $\mathbf{R} = \mathbf{G}$ as Constant volume

T = Absolute Temperature (K)

F= Faraday constant

Cuando la superficie de calentamiento del sensor, alimentado por el circuito de la figura 1.11, está lo suficientemente caliente, el sensor es igual a una celda, compuesta de sus dos partes de tensión de salida, y el resultado de la ecuación de Nerst's. En la prueba de sensor, la impedancia del amplificador debe estar dentro de $100 \text{ a } 1000 \text{G}\Omega \text{ y su corriente de prueba debe ser de 1pA}$.

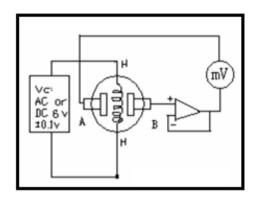


Figura 1. 11 Sensor de CO₂. (Hanwei Electronics, MG811 CO₂ Sensor, 2010, Pág 1)

1.6 Servicios WEB en LabVIEW.

Los servicios web habilitan el llamado a un método en un objetivo remoto, usando protocolos estándar basados en web. Un cliente envía una solicitud a un servidor remoto, el cual procesa la solicitud y devuelve una respuesta, la cual es interpretada y mostrada por la aplicación que tenga el cliente. Este método de comunicación es extremadamente confiable ara cualquier tipo de aplicación.

Los siguientes son los componentes de un servicio web:

- **Servidor:** Es el encargado del análisis de la solicitud realizada por el cliente, ejecutando la correspondiente acción, y enviando la respuesta al cliente.
- Cliente: Es El encargado de enviar la solicitud al servidor y espera para recibir la respuesta, la cual es luego interpretada por el cliente.
- Protocolos Standard: Los protocolos basados en web como HTTP enrutan los datos sobre las redes físicas, desde el cliente hacia el servidor con el método apropiado, y luego de vuelta hacia el cliente.
- **Red:** La capa física como es la Ethernet o IEEE 802.11, sobre las cuales se transmiten los datos.

Con el nuevo servidor web de LabVIEW, se puede desplegar un Vi como un servidor web, el cual es invocado a través de una solicitud de un cliente usando un protocolo HTTP. A diferencia de los paneles remotos y las variables compartidas, los clientes que se desarrollan no requieren el motor de tiempo real de LabVIEW, lo cual significa que se puede usar cualquier tipo de cliente basado en Web, incluyendo lenguajes comunes como HTML, JavaScript y Adobe Flash.

1.6.1 Ventajas de los Servicios Web.

Considere una aplicación de LabVIEW desplegada a través de un sistema distribuido.

LabVIEW provee características como variables compartidas para establecimiento de comunicación, pero muchos desarrolladores necesitan una manera de comunicarse con estas aplicaciones desde dispositivos que no pueden correr LabVIEW usando comunicación basada en estándares web. Con los servicios web de LabVIEW, se puede:

- Comunicar con aplicaciones embebidas de LabVIEW desde cualquier dispositivo web.
- Establecer comunicación maquina a máquina usando protocolos estándares HTTP.
- Controlar y Monitorear remotamente aplicaciones de LabVIEW desde clientes livianos personalizados.
- Flujo de datos de diferentes tipos como texto, imágenes y videos.
- Desplegar Vis con servicios Web en un dispositivo Windows o LabVIEW Real-Time.

La Figura 1.12 muestra un ejemplo de una aplicación para cliente liviano desarrollado usando adobe flex, el cual puede transformar datos recibidos desde un VI de LabVIEW en una interface de usuario basada en web.

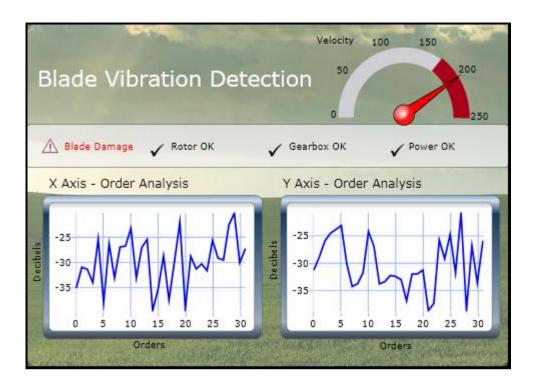


Figura 1. 12 Ejemplo de una aplicación para cliente liviano desarrollado usando adobe flex, el cual puede transformar datos recibidos desde un VI de LabVIEW en una interface de usuario basada en web.

(National Instruments, NI Tutorial 7350, 2010, Pág. 1)

1.6.2 Especificaciones de los Servicios Web.

- Protocolo HTTP estándar.
- Cliente esbelto.
- Cualquier cliente web.
- Requiere interface web.
- Windows y Tiempo Real.
- Puerto 80, amigable con firewall.

1.6.3 Capas de los Servicios Web

La comunicación basada en web está actualmente compuesta por algunas capas de protocolo, las cuales van desde la capa física donde los datos son enviados sobre las capas, las cuales son usadas para codificar el mensaje y enrutarlo para el método apropiado. El desarrollo sobre capas de bajo nivel TCP y UDP está disponible si usted desea desarrollar una aplicación en la parte superior de la capa de transporte.

Los servicios Web utilizan una arquitectura REST en la parte superior de los protocolos que están en todas partes a través de la Web, tales como TCP / IP y HTTP, para proporcionar estándares para los cortafuegos.

Las varias capas de protocolo usadas en comunicaciones basadas en Web son mostradas en la siguiente figura 1.13.

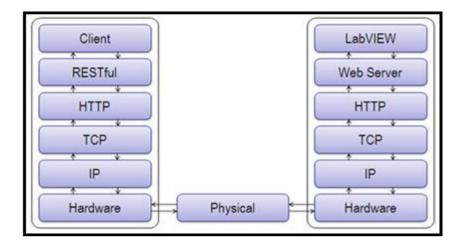


Figura 1. 13 Diagrama que muestra las capas del protocolo estándar usado para la comunicación desde una aplicación cliente hacia un servicio Web de LabVIEW.

(National Instruments, NI Tutorial 7350, 2010, Pág. 2)

1.6.4 Arquitectura de Servicios Web

Puede utilizar los servicios Web para proporcionar una interfaz basada en Web para la comunicación con las aplicaciones de LabVIEW. Tenga en cuenta que el VI de nivel superior de una aplicación no se suele implementarse como un servicio web, sino un conjunto adicional de VIs es responsable de comunicarse con la aplicación y la devolución de datos a las solicitudes Web, como se muestra en la siguiente figura 1.14.

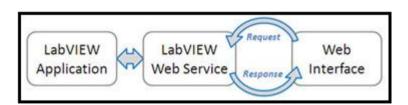


Figura 1. 14 Los servicios web pueden comunicarse con las aplicaciones existentes a través de variables compartidas y la memoria compartida para pasar los datos y parámetros de configuración de una interfaz Web remota.

(National Instruments, NI Tutorial 7350, 2010, Pág. 2)

CAPÍTULO 2

Diseño de Hardware

El hardware se refiere a todos los componentes "Físicos" que forman parte de un sistema o un conjunto de sistemas es decir todos los componentes tangibles en un sistema electrónico, que van desde el cableado que se encarga de llevar la alimentación a los diferentes componentes, la transmisión de datos y de los sistemas más complejos encargados de la captación y adecuación de señales para su interpretación, manejo y transmisión.

El diseño del hardware en el sistema de control está basado en un análisis completo de todos los factores y variables que intervienen en la planta de producción, es decir en las diferentes señales que se generan a lo largo del proceso, y necesitan ser adecuadas al sistema de adquisición de datos para que puedan ser interpretadas por este. La adecuación se realiza en función del tipo y las características específicas de cada señal que están directamente ligadas con el funcionamiento de los sensores.

2.1 Metodología de Diseño de Hardware.

La metodología de diseño a utilizar será la Top-Down, El diseño Top-Down consiste en capturar una idea con un alto nivel de abstracción, implementarla partiendo de la misma, e incrementar el nivel de detalle según sea necesario. El sistema inicial se va subdividiendo en módulos, estableciendo una jerarquía. Cada módulo se subdivide cuantas veces sea necesario hasta llegar a los componentes primarios del diseño como muestra el esquema de la figura 2.1.

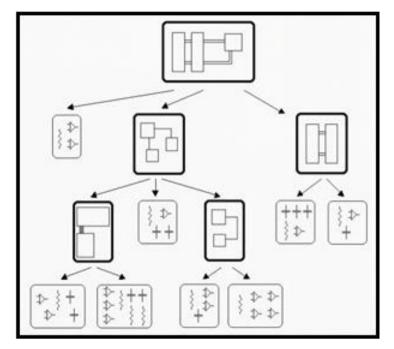


Figura 2. 1 Estructura grafica de Diseño tipo Top-Down.

2.1.1 Ventajas del Diseño Top-Down.

El diseñador puede especificar el diseño en un alto nivel de abstracción sin necesidad de considerar el mismo inicialmente a nivel de compuertas. La información se estructura en forma modular. Como el diseño se realiza a partir del sistema completo y se subdivide en módulos, permite que las subdivisiones se realicen de forma que los mismos sean funcionalmente independientes.

2.2 Herramientas para diseño de hardware.

2.2.1 Herramientas CAD.

La metodología de diseño asistida por computadora (Computer Aided Design, CAD), emplea técnicas gráficas para soportar el proceso de diseño. La introducción de dichas técnicas en el proceso de diseño de circuitos electrónicos es fundamental, ya que más allá de proveer interfaces gráficas para asistir el proceso, brinda la posibilidad de simular y verificar la descripción antes de llevar a cabo su implementación, minimizando el costo de elaborar circuitos potencialmente defectuosos y acelerando el diseño global.

El diseño de hardware tiene un problema fundamental, que no existe en el diseño de software. Este problema es el alto costo del ciclo de diseño-prototipación-

verificación mostrado en la figura 2.2, ya que el costo del prototipo por lo general es bastante elevado.

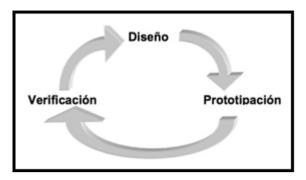


Figura 2. 2 Ciclo Diseño-Prototipación-Verificación.

En el ciclo de diseño de hardware las herramientas CAD están presentes en todos los pasos. En primer lugar en la fase de descripción de la idea, que será un sistema eléctrico, un diagrama en bloques, etc. Luego en la fase de simulación y verificación en donde las diversas herramientas permiten realizar simulación por eventos, funcional, digital o eléctrica considerando el nivel de simulación requerido. La última etapa es comprendida por herramientas especializadas en la fabricación del circuito propiamente dicho y se orientan a la fabricación de circuitos impresos o circuitos integrados.

2.3 Diseño de Hardware.

2.3.1 Altium Designer.

Altium Designer es un conjunto de programas para el diseño electrónico en todas sus fases y para todas las disciplinas, ya sean esquemas, simulación, diseño de circuitos impresos, implementación de FPGA, o desarrollo de código para microprocesadores. Es un sistema completo de edición de circuitos impresos basado en reglas. Con potentes visores y mensajes. Estos son necesarios para la última tecnología de placas enterradas y ciegas. El ruteado interactivo es totalmente multicapa con vías personalizable con ruteado de arcos, pares diferenciales, ajuste de anchos y vías, permite pujar pistas y eliminar lazos.

2.4 Señales.

Entenderemos como señal una magnitud cuyo valor de intensidad depende del tiempo. Las señales a procesar en el sistema son de dos tipos fundamentales para el funcionamiento del mismo, como se observa en la figura 2.3.

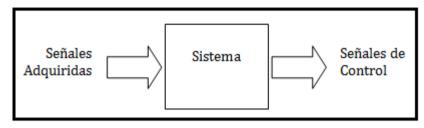


Figura 2. 3 Señales del sistema.

2.4.1 Señales Adquiridas.

Son señales analógicas generadas por un fenómeno físico, obteniendo como resultado una señal variante en el tiempo en niveles de voltaje o corriente. Las señales a adquirir en sistema de control son tres: temperatura, humedad y CO₂.

Señales de Control. 2.4.2

Las señales se adquieren con el objetivo de controlar el proceso, es decir, mantener las variables dentro de los valores de consigna fijados. En un sistema de control se requieren tres partes: Entrada de variables, un algoritmo de control y salida de señales de actuación hacia las variables de control para corregir las variables controladas. La figura 2.4 muestra el esquema de un sistema de Control de Proceso.

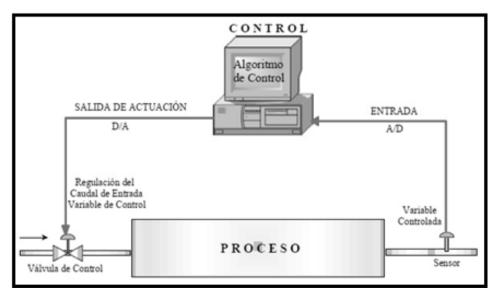


Figura 2. 4 Esquema de un sistema de Control de Proceso.

Para controlar es preciso además, compararlas con el valor deseado, aplicar un algoritmo de control en función del error y enviar la señal de actuación para corregir las desviaciones. Las señales de control a utilizar en el proceso serán de tipo digital en niveles lógico TTL de 0 a 5V, como se muestra en la figura 2.5.

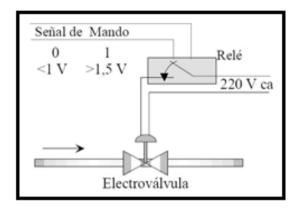


Figura 2. 5 Ejemplo de una señal digital.

2.5 Sensores.

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.

2.5.1 Sensor de Temperatura.

La serie LM35DZ incluye sensores de temperatura de precisión en circuitos integrados, cuya salida de voltaje es linealmente proporcional a la temperatura en grados Celsius. El LM35DZ no requiere ninguna calibración o adecuación externa para obtener una precisión de $\pm 1/4$ °C en un cuarto cerrado y $\pm 3/4$ °C en un rango de -55 a +150 ℃ en la figura 2.6 se muestra el sensor de temperatura LM35DZ en el empaquetado.



Figura 2. 6 Sensor de Temperatura LM35DZ. (National Semiconductor, LM35 Precision Centigrade Temperatura Sensor, 2010, Pág 13)

Las características eléctricas del LM35DZ se muestran en la tabla 2.1 y la curva de voltaje vs temperatura del sensor se muestran en la Figura 2.7.

Voltaje de Alimentación	+35V a -0.2V
Voltaje de Salida	+6V a −1.0V
Consumo de Corriente	10 mA

Tabla 2. 1 Características Eléctricas Sensor de Temperatura LM35DZ

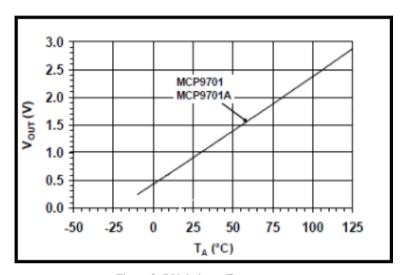


Figura 2. 7 Voltaje vs. Temperatura. (Microchip, MCP9700/9700A MCP9700/9700A, 2009, Pág 7)

2.5.2 Sensor de Humedad Relativa.

La serie de sensores de humedad HIH-4010 están diseñadas específicamente para mediciones de ambientes con grandes volúmenes, en la figura 2.8 se muestra el sensor HIH-4010.



Figura 2. 8 Sensor de humedad HIH-4010. (Honeywell, HIH-4010/4020/4021 Humidity Sensors, 2007, Pág. 1)

La conexión directa a un microcontrolador o algún otro dispositivo es posible gracias a su salida lineal de voltaje. Con un típico consumo de corriente de solo 200uA es ideal para sistemas de poca corriente, trabaja a niveles TTL, es decir entre 4V y 5.8V como máximo.

La fórmula que define el voltaje de salida en función del porcentaje de la humedad relativa ambiental está definida por la ecuación 2.1, considerando una temperatura promedio de 25°C.

$$VSalida = (VFuente)(0.0062(sensor RH) + 0.16)$$

Ecuación 2. 1 Relación matemática entre Voltaje de Alimentación y Humedad Relativa.

A continuación en la figura 2.9 se muestra la curva característica que establece la relación entre el voltaje de salida y la humedad relativa.

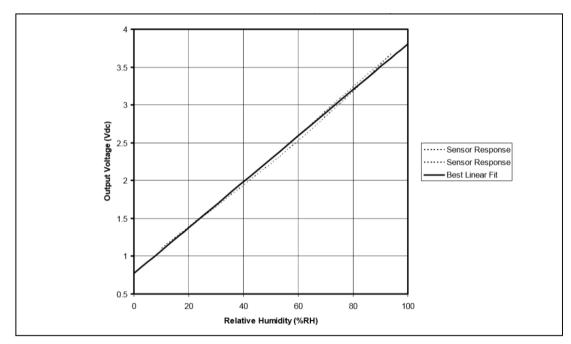


Figura 2. 9 Voltaje de Salida vs. Humedad Relativa. (Honeywell, HIH-4010/4020/4021 Humidity Sensors, 2007, Pág. 4)

2.5.3 Sensor de CO_2 .

El sensor de CO₂ MG811 es de alta sensibilidad y selectividad, con una dependencia niveles relativamente bajos de humedad y temperatura, además es extremadamente estable, entre sus aplicaciones están control de calidad de aire, control de procesos de fermentación y detección de concentración de CO2, en la figura 2.10 se muestra el sensor de CO₂ MG811.



Figura 2. 10 Sensor de CO₂ MG811. (Hanwei Electronics, MG811 CO₂ Sensor, 2010, Pág. 1)

El sensor de CO₂ MG811 en condiciones de temperatura alrededor de los 28°C, una humedad relativa del 65% y un nivel de oxigeno del 21% presenta la siguiente curva de sensibilidad mostrada en la figura 2.11.

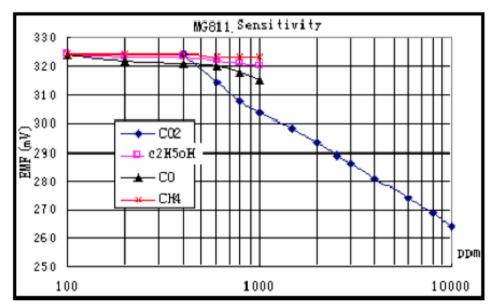


Figura 2. 11 Curva de sensibilidad del sensor de CO₂ MG811. (Hanwei Electronics, MG811 CO₂ Sensor, 2010, Pág. 2)

La gráfica en el eje X es logarítmica, por lo que responde a la ecuación 2.2.

$$y = mlog(x) + b$$

Ecuación 2. 2 Ecuación semi-logarítmica.

La gráfica se divide en dos partes debido a que la pendiente no es constante. La primera parte varía entre 400ppm y 1000ppm. La segunda parte varía entre 1000ppm y 10000ppm.

Analizando las dos partes se obtiene la ecuaciones 2.3 y 2.4 donde (y) representa el voltaje de salida del sensor en mV y (x) es la concentración de CO₂ en ppm.

$$y_1 = -50.2588 \log(x_1) + 454$$

Ecuación 2. 3 Ecuación que define la curva entre 400ppm y 1000ppm.

$$y_2 = -38.5 \log(x^2) + 418$$

Ecuación 2. 4 Ecuación que define la curva entre 1000ppm y 10000ppm.

Ahora despejando X de las ecuaciones 2.3 y 2.4 se obtienen las ecuaciones 2.5 y 2.6 que representan el valor de CO₂ en relación al voltaje entregado por el sensor:

Para
$$400$$
ppm < x1 < 1000 ppm $x1 = 10^{\frac{454-y1}{50.2588}}$

Ecuación 2. 5 Ecuación que definen la relación entre ppm y voltaje entre 400 y 1000ppm.

Para
$$1000$$
ppm < x1 < 10000 ppm $x2 = 10^{\frac{418-y^2}{38.5}}$

Ecuación 2. 6 Ecuación que definen la relación entre ppm y voltaje entre 1000ppm y 10000ppm.

2.6 Hardware.

El hardware básicamente se divide en tres tipos el hardware de control - potencia, de transmisión de datos y el de adecuación de señales, cada uno distribuido según las necesidades en las diferentes etapas del proceso.

Hardware de Control – Potencia. 2.6.1

2.6.1.1 Opto-Triac.

Los triacs acoplados ópticamente combinan un diodo emisor de luz (LED) con un triac foto-detector (Opto-Triac) dentro de un mismo encapsulado con un esquema que es mostrado en la figura 2.12. Al no existir conexión eléctrica entre la entrada y la salida, el acoplo es unidireccional (LED al Opto-Triac) y permite un aislamiento eléctrico entre ambos dispositivos de hasta 7500 V. Además, algunos Opto-Triac incluyen un circuito de detección de paso por cero que permite sincronizar señales de la red eléctrica con señales de control del LED para ajustar el ángulo de conducción.

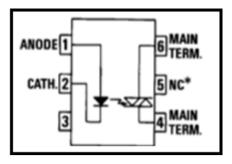


Figura 2. 12 Opto-Triac.

(Fairchild Semiconductor, Optoisolators triac driver output, 2003, Pág. 1)

2.6.1.2 Triac.

Un triac (Tríodo de Corriente Alterna), es un SCR bidireccional que se comporta como dos SCR en paralelo e invertidos, de tal manera que este dispositivo puede controlar corriente en cualquier dirección. Normalmente, tiene una tensión de ruptura alta y el procedimiento normal de hacer entrar en conducción a un TRIAC es a través de un pulso de disparo de puerta (positivo o negativo). Su símbolo se muestra en la figura 2.13.

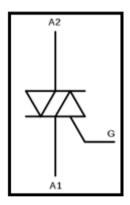


Figura 2. 13 Triac.

(Philips Semiconductor, Triacs BT136 Series, 1997, Pág. 1)

2.6.1.3 Relé de estado sólido.

La combinación del opto acoplador y el triac forman el conocido relé de estado sólido, encargado de controlar la carga conectada y aislar los circuitos de control que normalmente manejan niveles TTL de voltaje (5v) de los circuitos de potencia (110-220v) que en caso de existir una sobre tensión o sobre corriente producida por un cortocircuito podrían causar un grave daño al sistema, además su respuesta en frecuencia es aceptable y no genera los problemas inductivos de los relés normales. Adicionalmente se ha ubicado un circuito para protección contra corrientes que pueden ser inducidas por cierto tipo de cargas, usando un "Diodo de Marcha Libre"

el cual está siendo simulado por una resistencia y un condensador de alta tensión en serie. El circuito de control y potencia se muestra en la figura 2.14.

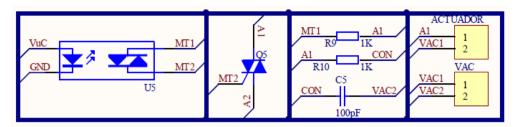


Figura 2. 14 Circuito de Control y Potencia.

El resto del hardware del sistema de control y potencia está conformado obviamente por el microcontrolador, el circuito de adecuación para la señal de alimentación del sistema y los ingresos para cada una de las señales recibidas por los sensores.

2.6.2 Hardware de Transmisión de Datos.

2.6.2.1 Módulo USART.

El microcontrolador 18F4550 contiene un mejorado modulo Universal Síncrono Asíncrono Receptor-Transmisor el cual es uno de los dos módulos seriales de Entrada/Salida. (Generalmente, el USART también se conoce como un interface serial de comunicación o SCI). Se puede configurar como un sistema asíncrono full-duplex que puede comunicarse con periféricos, tales como circuitos integrados A/D o D/A, EEPROMs serial, etc.

El modulo implementa características adiciónales, incluyendo una detección automática de velocidad de transmisión y calibración, despertador automático a la interrupción de sincronización y 12 bits de transmisión. Esto hace que sea ideal para uso de un sistema de red de bus local interconectada (LIN).

El EUSART se puede configurar en los siguientes modos:

- Asíncrono (full-duplex).
- Síncrono Maestro (half-duplex) con polaridad del reloj seleccionable.
- Síncrono Esclavo (half-duplex) con polaridad del reloj seleccionable.

Los pines del módulo USART se multiplexan con el PORTC. Siendo RC6 TX y RC7 RX.

2.6.2.2 RS-485

Descripción General.

El interfaz de comunicación RS-485 es una alternativa a RS-232 para largas distancias. La máxima longitud del cable en RS-232 es únicamente de 15m. Para RS-485 la distancia máxima es de 1200m. Adicionalmente en RS-485 se pueden conectar muchos dispositivos en una topología tipo bus, a diferencia de RS-232 que solo puede conectar 2.

Topología.

Lo norma RS-485 indica que cada uno de sus nodos se conecta a la línea de transmisión formando una cadena conocida como topología en Bus como se muestra en la figura 2.15. Cada elemento o nodo de la red (driver, receiver) se conecta a la línea de transmisión mediante unos cables de enlace cortos.

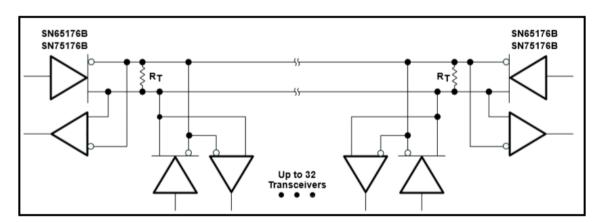


Figura 2. 15 Topología tipo Bus en una red RS485. (Texas Instruments, Differential bus transceivers, 2003, Pág. 12)

Por sus características físicas, este tipo de topología es el más sencillo que se puede implementar. Pero contrastando con sus bajos requerimientos en el hardware, el desarrollo del software se complica al tener que desarrollar los procedimientos de detección de colisiones y las reglas de arbitraje.

Se puede montar una red con dos hilos simplificando de esta forma considerablemente las conexiones en el bus de comunicación. Las redes de 2 hilos RS-485 solo pueden comunicarse de forma dual-no simultáneo (half-duplex), lo que conlleva a un tipo de comunicación de pregunta-respuesta.

Modos de Transmisión.

En un sistema de control es necesario transmitir y recibir datos al mismo tiempo para lo cual se utiliza un modo de transmisión tipo duplex. Normalmente la secuencia inicia con un mensaje de solicitud hacia el sistema de adquisición y un tiempo de espera para la respuesta a dicha solicitud. Para la comunicación duplex se necesitan 4 hilos, mientras que para la comunicación half-duplex solo 2.

En el caso del sistema de control a implementarse se utilizara un sistema de comunicación central el cual estará encargado de recibir los datos de cada una de las estaciones de adquisición y enviar el dato respectivo hacia el computador donde se encuentra el sistema de visualización de la información. En este escenario sería necesario simplemente una comunicación half-duplex.

Características de RS485.

En la Tabla 2.2 se muestran las principales características del estándar RS-485 en comparación con el resto de estándares para transmisión serial.

	RS232	RS423	RS422	RS485
Diferencial	no	no	sí	sí
Número máximo de conductores Número máximo de receptores	1 1	1 10	1 10	32 32
Modos de funcionamiento	half duplex full duplex	half duplex	half duplex	half duples
Topología de red	punto a punto	multidrop	multidrop	multipunto
Distancia máxima (acc. estándar)	15 m	1200 m	1200 m	1200 m
Max velocidad de 12 m Velocidad máxima a 1200 m	20 kbs (1 kbs)	100 kbs 1 kbs	10 Mbs 100 kbs	35 Mbs 100 kbs
Max mató tasa	30 V / μs	ajustable	n/d	n/d
Resistencia de entrada del receptor	$3 7 \ k\Omega$	$\geqq 4 \ k\Omega$	$\geq 4 \text{ k}\Omega$	≥ 12 kΩ
Controlador de carga de impedancia	3 7 kΩ	≧ 450 Ω	100 Ω	54 Ω
Receptor de la sensibilidad de entrada	$\pm 3 V$	$\pm \ 200 \ mV$	$\pm \ 200 \ mV$	$\pm200\;mV$
Receptor de rango de entrada	± 15 V	± 12 V	± 10 V	-7 12 V
Controlador de voltaje de salida máximo	$\pm \ 25 \ V$	\pm 6 V	\pm 6 V	-7 12 V
Min controlador de voltaje de salida (con carga)	± 5 V	± 3,6 V	± 2,0 V	± 1,5 V

Tabla 2. 2 Comparativa de los estándares para transmisión serial.

Chips Necesarios

El MAX485 es un transceptor de comunicación de bajo consumo. Básicamente está compuesto de un manejador y un receptor. Las características del MAX485 permiten la minimización de inducciones electromagnéticas producidas por cables defectuosos, esto permite transmisiones de datos sin errores a velocidades mayores a 250Kbps hasta un máximo de 2.5Mbps. EL MAX485 tiene un consumo de corriente dentro 120uA y 500uA, además de un modo de bajo consumo de corriente que permite un consumo de 0.1uA. El circuito integrado consume 5v. Otra característica especial es que cuenta con un sistema de protección contra sobre temperatura, que desconecta automáticamente los circuitos para evitar un daño interno. En la figura 2.16 se muestra la estructura interna del MAX485.

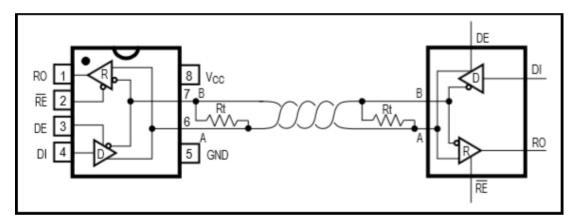


Figura 2. 16 Descripción de la lógica interna del MAX485. (Texas Instruments, Differential bus transceivers, 2003, Pág. 9)

Esquemas y Placas Finales de Control-Potencia y Transmisión de Datos.

En la figura 2.17 (Esquema Eléctrico) y figura 2.18 (Circuito impreso) se muestra el diseño final definitivo en el cual se encuentra incluido todo el hardware del sistema diseñado en ALTIUM DESIGNER 2009 ® .

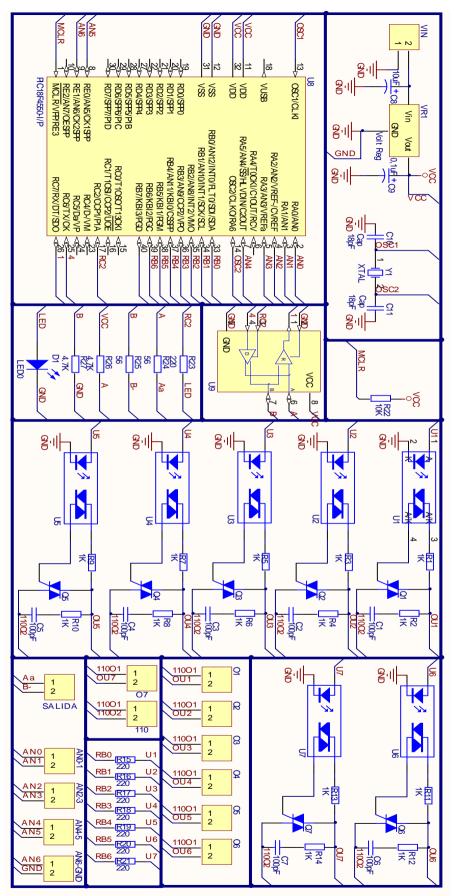


Figura 2. 17 Esquema Eléctrico del Sistema de Control-Potencia y Transmisión de Datos.

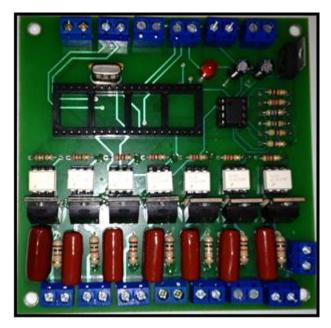


Figura 2. 18 Circuito Impreso del Sistema de Control-Potencia y Transmisión de Datos.

2.6.4 Hardware para Acondicionamiento de Señales.

Las distancias existentes entre los sensores y los sistemas de adquisicion y control generan probremas logicos de atenuacion, los cuales combinados con los ruidos externos generados por distintas fuentes, hacen necesario una adecuacion adicional de las señales entregadas por los sensores, basicamente estas adecuaciones se refieren a amplificación y filtrado. La conexión entre los sensores y los sistemas de acuacion se muestra en la figura 2.19 se realizaron con cable de sonido de alta calidad, plugs stereo de 3.5mm y jacks stereo con la finalidad de que la calidad de la señal entragada por el sensor sea al mejor.



Figura 2. 19 Conexión entre Sensores y Placas de Acondicionamiento.

A continuacion se especifican estas adecuaciones para cada uno de los sensores del sistema.

2.6.4.1 Acondicionamiento del Sensor de Temperatura.

El bajo nivel de voltaje del sensor de temperatura está en el orden de los 20mV/°C esto hace necesario utilizar amplificación para solventar los problemas de atenuación provocados por la longitud de los cables. Para esto se utilizó el amplificador operacional LM358 como un amplificador no inversor de ganancia 11 combinado con un capacitor para el filtrado de la señal de salida del sensor. En la figura 2.20 muestra el Esquema Eléctrico y en la figura 2.21 el Circuito Impreso del sistema de acondicionamiento

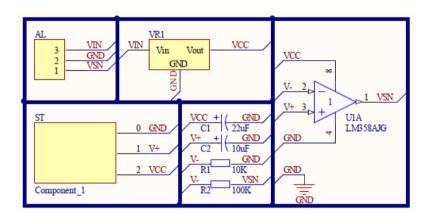


Figura 2. 20 Esquema Eléctrico del Sistema de Acondicionamiento para el Sensor de Temperatura.

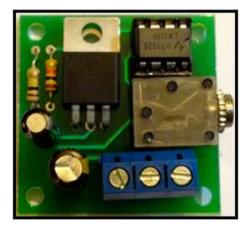


Figura 2. 21 Circuito Impreso del Sistema de Acondicionamiento para el Sensor de Temperatura.

2.6.4.2 Acondicionamiento del Sensor de Humedad.

El nivel de tensión entregado a la salida del sensor de humedad está en el orden de los 0.8V a 3.8V, esto hace que no se ha necesario una amplificación dado que las caídas de tensión que puedan producirse no afectaran a la medición, sin embargo de igual forma que el sensor de temperatura se requiere de un filtrado de la señal

mediante el uso de un capacitor. En la figura 2.22 se muestra el Esquema Eléctrico y en la figura 2.23 el Circuito Impreso del sistema de adecuación.

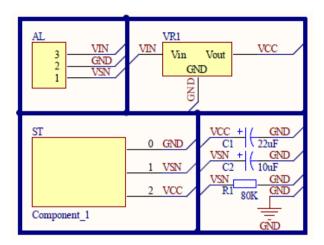


Figura 2. 22 Esquema Eléctrico del Sistema de Acondicionamiento para el Sensor de Humedad.

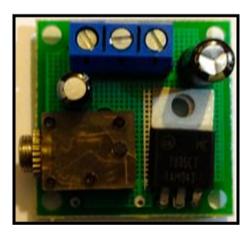


Figura 2. 23 Circuito Impreso del Sistema de Acondicionamiento para el Sensor de Humedad.

2.6.4.3 Acondicionamiento del Sensor de CO₂.

El sensor de CO_2 requiere de un acondicionamiento diferente, su voltaje de salida esta normalmente dentro del rango entre 100mV - 600mV, con una corriente muy pequeña y una impedancia de salida demasiado alta en el orden de los $100\text{-}1000\text{G}\Omega$. Esto hace que se necesite un amplificador con una impedancia de entrada muy alta, el amplificador utilizado tiene una impedancia de entrada de $1\text{T}\Omega$. Y el circuito presenta una ganancia de 8.5, lo cual hace que el rango de salida de tensión pase a ser de 0.85V-5V, combinado con un filtro pasa bajo, el diagrama de bloques es mostrado en la figura 2.24, el Esquema Eléctrico en la figura 2.25 y el Circuito Impreso en la figura 2.26.

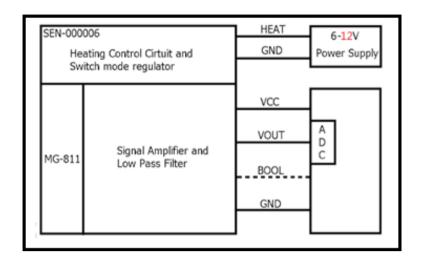


Figura 2. 24 Diagrama de bloques para el Acondicionamiento del sensor de CO₂. (Sandbox Electronic, SEN-000007 Datasheat, 2012, Pág. 2)

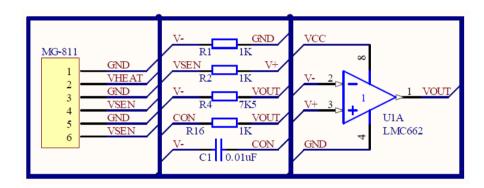


Figura 2. 25 Esquema Eléctrico del Sistema de Acondicionamiento del Sensor de CO₂.



Figura 2. 26 Circuito Impreso del Sistema de Acondicionamiento del Sensor de CO₂.

Adicionalmente se necesita un circuito de alimentación para el sistema de acondicionamiento del sensor de CO₂. El Esquema Eléctrico es mostrado en la figura 2.27 y el circuito Impreso en la figura 2.28 con valores diferentes de alimentación, uno para el circuito en general, que requiere de 5VCC y otro para el sensor el cual requiere de 9VCC y está representado en la figura 2.24 como VHeat.

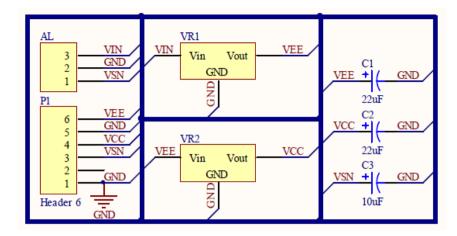


Figura 2. 27 Esquema Eléctrico para Alimentación del Sistema de Acondicionamiento del Sensor de CO₂.

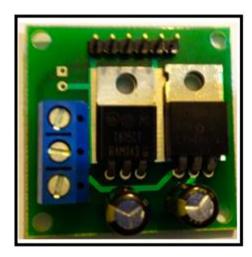


Figura 2. 28 Circuito Impreso para Alimentación del Sistema de Acondicionamiento del Sensor de CO2.

2.7 Cableado del Sistema

Las siguientes zonas del sistema están comunicadas entre sí a través de cable de cobre.

Cableado desde sensores - placas de adecuación.

Cableado desde placas de acondicionamiento a placas de adquisición - control.

Cableado desde placas de adquisición - control al computador.

El cable de Categoría 3, es un cable de par trenzado diseñado para transportar fielmente datos hasta una velocidad de 10 Mbit/s, con un posible ancho de banda de 16 MHz. Es parte de una familia de estándares de cables de cobre definido en conjunto la EIA y la TIA, más específicamente por el estándar EIA/TIA 568.

En la figura 2.29 se muestra el levantamiento de todas las áreas de producción conjuntamente con la distribución aproximada de los sensores y el cableado entre los diferentes elementos del sistema.

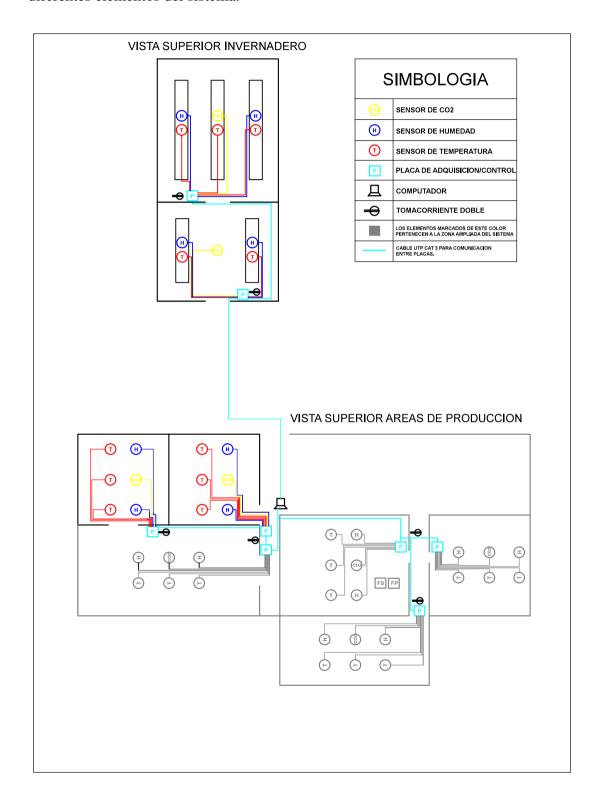


Figura 2. 29 Levantamiento del Área de Producción y Distribución de los distintos Elementos.

CAPÍTULO 3

Diseño de Software

Se conoce como software al soporte lógico de un sistema electrónico/informático, el cual está compuesto por todos los componentes lógicos que permiten la realización de tareas específicas y que, a diferencia del hardware componen la parte intangible de dicho sistema.

3.1 Software para el microcontrolador.

El software implementado en el microcontrolador conforma la parte central de todo el sistema, ya que en él se ejecutan las tareas principales como son la interpretación de las señales de entrada entregadas por los diferentes sensores, el manejo de las señales de salida que acopladas permiten el manejo de distintos actuadores y la transmisión de datos hacia el computador central que permite monitorear todo el proceso, es decir el microcontrolador y todo el hardware que se encuentra asociado a él conforman una tarjeta de adquisición - control personalizada a las diferentes necesidades del proceso. En la Figura 3.1 se muestra el diagrama de flujo básico del programa principal que se ejecuta de manera continua en el microcontrolador.

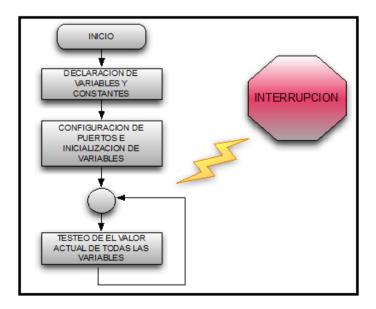


Figura 3. 1 Diagrama de flujo del programa principal del microcontrolador.

3.1.1 Subrutina de Interrupción.

Dentro del programa principal del microcontrolador se encuentra una de las partes más importantes del mismo, como es la subrutina de interrupción, la cual nos permite realizar tareas programadas cada cierta cantidad exacta de tiempo o en función de eventos específicos que generen un llamado o alarma permitiendo de este modo tener mayor control sobre las diferentes tareas que debe realizar el microcontrolador. En la figura 3.2 se muestra el diagrama de flujo de la subrutina de interrupción y de las tareas que se manejan dentro de la subrutina de interrupción son las siguientes:

- Temporizaron en la Ejecución de las Tareas del Microcontrolador.
- Manejo del Módulo de Conversión Analógico Digital.
- Manejo del Protocolo de Comunicación Microcontrolador/Computador.

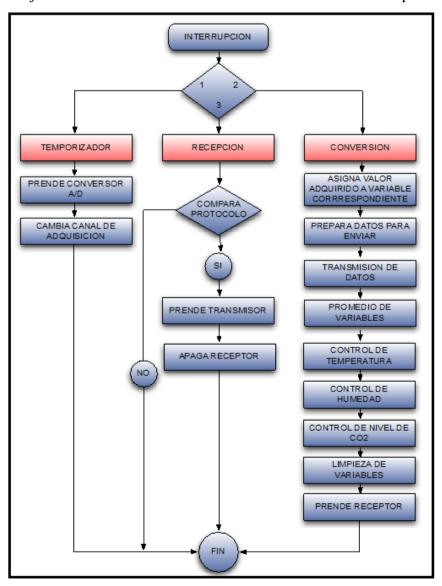


Figura 3. 2 Diagrama de flujo de la subrutina de interrupción.

3.1.2 Algoritmo de la Subrutina de Interrupción.

Inicia Interrupción

Pregunta Bandera Interrupción Temporizador Activada = Verdad Entonces

Encender Convertidor Analógico/Digital

Iniciar Conversión

Numero de Canal = Numero de Canal + 1

Borrar Bandera Interrupción Temporizador

Termina Pregunta

Pregunta Bandera Interrupción Dato Recibido Activada = Verdad Entonces

Almacenar Dato Recibido

Pregunta <u>Dato Recibido = Protocolo de la Placa</u> Entonces

Habilita Transceptor 485

Deshabilita la Recepción del Microcontrolador

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Pregunta Convertidor Analógico Digital Termino Conversión = Verdad Entonces

Detiene la Adquisición del Convertidor

Arreglo Datos Convertidos [Contador] = Canal Leído [Contador]

Pregunta Todos los Canales Han Sido Convertidos = Verdad Entonces

Apaga Temporizador

Desde i = 0 Hasta i = 6 Hacer

Convertir Arreglo de Datos Convertidos [i] a Dato Texto

Desde j = 0 Hasta j = 4 Hacer

Enviar Dato_Texto [j]

Siguiente j

Siguiente i

Promedio de Variables

Control Temperatura

Control Humedad

Control CO₂

Deshabilita Transceptor 485

Habilita la Recepción del Microcontrolador

Numero de Canal = 0

Contador = 0

Enciende Temporizador

Caso Contrario

Contador = contador + 1

Enciende Temporizador

Termina Pregunta

Limpia Bandera Convertidor Analógico Digital Termino Conversión

Termina Pregunta Termina Interrupción

Control de Banda Muerta. 3.1.3

Para las secuencias de control se utiliza un control de banda muerta, el cual consiste en mantener la variable dentro de un rango cuyos límites son definidos dentro del programa, la idea del control es la de evitar un "Control ON/OFF". El control de banda muerta mantiene el valor de la variable manejada dentro de un rango establecido y permitido por el programa, es decir la variable se encuentra oscilando dentro de un rango determinado y esto permite que el control se realice de manera más eficiente y "suave" evitando de este modo que los actuadores cambien de estado muy bruscamente. En la figura 3.3 se muestra el comportamiento de la señales de entrada entregadas por los sensores vs. la de salida entregada por el microcontrolador en el control de banda muerta.

El control de banda muerta es el mismo para los tres parámetros (Temperatura, Humedad y CO₂) lo que los diferencia es la variable a controlar y los actuadores controlados. Siendo los actuadores los encargados de mantener la variable dentro de los rangos deseados. Por ejemplo, en el caso del control de temperatura, una vez que llegamos al valor deseado apagamos el Actuador A (Calentador) y prendemos el Actuador B (Ventilador) y en caso de no existir el Actuador B el sistema espera el descenso de temperatura de manera natural para continuar con el proceso.

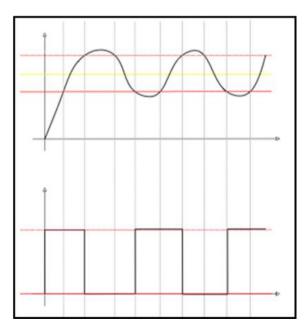


Figura 3. 3 Comportamiento de las Señales de Entrada Vs las Señales de Salida en un Control de Banda Muerta.

3.1.4 Subrutina de Control de Temperatura.

El control de temperatura basa su funcionamiento en el nivel promedio de temperatura captada por los sensores que se encuentran distribuidos en la zona, por cada zona existen 3 sensores. El control se maneja en el rango de temperatura mostrado en las tabla 3.1 para la zona del invernadero y la tabla 3.2 para la zona de producción.

Temperatura Mínima ° C	Temperatura Máxima ° C	Temperatura Ideal ° C
$24 \approx 240 \text{ mV}$	$28\approx 280\;mV$	$26\approx 260~\text{mV}$

Tabla 3. 1 Rangos de Temperatura a controlar y voltajes equivalentes para la zona de Invernadero.

Temperatura Mínima ° C	Temperatura Máxima ° C	Temperatura Ideal ° C
$13 \approx 130 \text{ mV}$	$18 \approx 180 \text{ mV}$	$15 \approx 150 \text{ mV}$

Tabla 3. 2 Rangos de Temperatura a controlar y voltajes equivalentes para la zona de Invernadero.

La señal de control del actuador que en este caso es un calentador de aire es una señal TTL de 5 VCC entregada por el microcontrolador la cual esta adecuada a través de una interfaz de potencia para su conexión con el actuador. El diagrama de flujo de la subrutina de control de temperatura es mostrada en la figura 3.4.

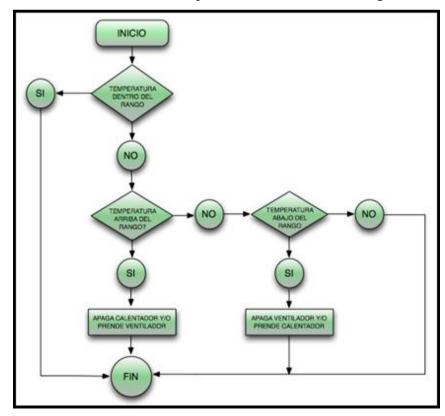


Figura 3. 4 Diagrama de Flujo de la Subrutina del Control de Temperatura.

3.1.4.1 Algoritmo de la Subrutina de Control de Temperatura.

Pregunta Temp. Actual >= Temp. Deseada - 2 Y Temp. Actual <= Temp. Deseada + 2 Entonces

Pregunta Bandera Activada = Verdad Entonces

Pregunta <u>Temperatura Actual > Temperatura Dese</u>ada + 2 Entonces

Apaga Calentador

Bandera Activada = Falso

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Caso Contrario

Pregunta Temperatura Actual < Temperatura Deseada - 2 Entonces

Prende Calentador

Bandera Activada = Verdadero

Caso Contrario

Pregunta Temperatura Actual > Temperatura Deseada + 2 Entonces

Apaga Calentador

Bandera Activada = Falso

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Termina Pregunta

3.1.5 Subrutina de Control de Humedad.

El control de la humedad ambiental basa su funcionamiento en el nivel promedio de humedad captado por los sensores que se encuentran distribuidos en la zona respectiva, por cada zona existen 2 sensores, la finalidad de ubicar 2 sensores es la de tener una media de la humedad ambiental, lo cual da una lectura más real. El control se maneja en el rango de humedad mostrado en las tabla 3.3 para la zona del invernadero y la tabla 3.4 para la zona de producción.

Humedad Mínima %	Humedad Máxima %	Humedad Ideal %
60 % ≈ 2.66 V	$70 \% \approx 2.97 \text{ V}$	65% ≈ 2.815 V

Tabla 3. 3 Rangos de Humedad Ambiental a controlar y voltajes equivalentes para la zona de Invernadero.

Humedad Mínima %	Humedad Máxima %	Humedad Ideal %
$90 \% \approx 3.59 \text{ V}$	$100 \% \approx 3.9 \text{ V}$	95 % \approx 3.745 V

Tabla 3. 4 Rangos de Humedad Ambiental a controlar y voltajes equivalentes para la zona de Producción.

La señal de control del actuador que en este caso es un electro válvula que acciona un aspersor de agua es una señal TTL de 5 VCC entregada por el microcontrolador la cual esta adecuada a través de una interfaz de potencia para su conexión con el actuador. El diagrama de flujo de la subrutina de control de humedad ambiental es mostrado en la figura 3.5.

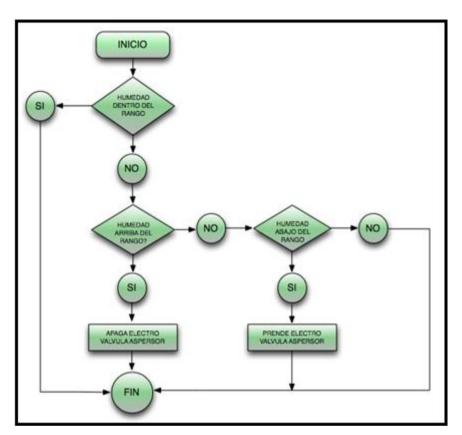


Figura 3. 5 Diagrama de Flujo de la Subrutina del Control de Humedad Ambiental.

3.1.5.1 Algoritmo de la Subrutina de Control de Humedad Ambiental.

Pregunta Hum. Actual >= Hum. Deseada - 2 Y Hum. Actual <= Hum. Deseada + 2 Entonces

Pregunta <u>Bandera Activada = Verdad</u> Entonces

Pregunta <u>Humedad Actual > Humedad Deseada + 2</u> Entonces

Apaga Electro Válvula

Bandera Activada = Falso

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Caso Contrario

Pregunta <u>Humedad Actual < Humedad Deseada - 2</u> Entonces

Prende Electro Válvula

Bandera Activada = Verdadero

Caso Contrario

Pregunta <u>Humedad Actual</u> > <u>Humedad Deseada + 2</u> Entonces

Apaga Electro Válvula

Bandera Activada = Falso

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Termina Pregunta

3.1.6 Subrutina de Control de CO₂.

El control del volumen de CO₂ en el aire se basa en las partes por millón o PPM's que entrega el sensor de CO₂ en forma de voltaje, al ser un sensor costoso y al no requerirse un exhaustivo control de este parámetro se utiliza un solo sensor por área tanto en las áreas del invernadero como en las de producción. El Nivel de CO₂ se maneja en función de los niveles mostrados en la tabla 3.5 con sus respectivos voltajes equivalentes.

Nivel CO ₂ Mínimo PPM	Nivel CO ₂ Máximo PPM	Nivel CO ₂ Ideal PPM
400	1000	700

Tabla 3. 5 Rangos de CO₂ en el Aire a controlar y voltajes equivalentes.

En el caso del nivel de CO₂ que se va a controlar, al no existir un control exacto para el volumen de CO2 que se quiere mantener, el actuador pasara a ser una alarma que indique cuando el nivel sea excesivamente elevado y requiere ser liberado, con la opción de posteriormente aplicar los actuadores necesarios para mantener dicho control de manera automática.

La señal de control del actuador que en este caso sería un extractor es una señal TTL de 5 VCC entregada por el microcontrolador la cual esta adecuada a través de una interfaz de potencia para su conexión con el actuador. El diagrama de flujo de la subrutina de control de CO₂ es mostrada en la figura 3.6.

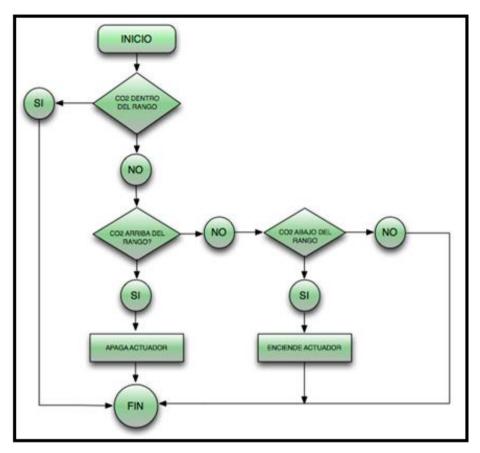


Figura 3. 6 Diagrama de Flujo de la Subrutina del Control de Volumen de CO₂.

3.1.6.1 Algoritmo de la Subrutina de Control del volumen de CO₂ en el Aire.

Pregunta CO2 Dentro del Rango Deseado Entonces

Pregunta <u>Bandera Activada</u> = <u>Verdad</u> Entonces

Pregunta CO₂ Actual > Nivel Máximo de CO₂ Entonces

Apaga Alarma

Bandera Activada = Falso

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Caso Contrario

Pregunta CO₂ Actual < Nivel Mínimo de CO₂ Entonces

Prende Alarma

Bandera Activada = Verdadero

Caso Contrario

Pregunta CO2 Actual > Nivel CO2 Máximo Entonces

Apaga Alarma

Bandera Activada = Falso

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Termina Pregunta

3.1.7 Programa de Microcontrolador Elaborado en Basic.

```
program Control
```

 $num_ch = num_ch + 1$

'PROGRAMA QUE PERMITE EL MONITOREO DE NIVELES DE TEMPERATURA HUMEDAD Y
'CO2 ASI COMO CONTROL Y MONITOREO A TRAVES DE UNA RED SERIAL RS485

```
dim i, j as byte
                            ' Variable del For
dim bandtemp as byte
                            'Bandera para Control de Temperatura
dim bandhum as byte
                            ' Bandera para Control de Humedad
dim bandco2 as byte
                            ' Bandera para Control de CO2
dim num_ch as byte
                            ' Variable para el seleccionar de Canal
dim cont as byte
                            ' Variable para desplazamiento por Canales
dim recibido as byte
                            ' Dato Recibido
                            ' Variable Para Error Por Transmisión
dim er as byte
dim adc as word[7]
                            ' Matriz Para Almacenamiento de Valores Adquiridos
dim cpromedio as byte
                            ' Variable de conteo para el promedio
dim ban_rec as byte
                            ' Bandera de Control de Recepción
dim Pro_Temp as word
                           ' Variable Para Promedio de Temperatura
dim Pro Hum as word
                            'Variable Para Promedio de Humedad
dim Co2 as word
                            ' Variable Para Promedio de CO2
dim Temp_Guar as word
                            ' Constante con valor Seteado de Temperatura
dim Hum_Guar as byte
                            ' Constante con valor Seteado de Humedad
dim Co2_Guar as byte
                            ' Constante con valor Seteado de CO2
dim dato txt as string[5]
                            ' Dato tipo Texto a ser transmitido
const canales as byte[7] = (
                            'Constantes que permiten la rotación de
   %00000000, 'ANO
                            ' Canales a ser adquiridos
   %00000100, 'AN1
  %00001000, 'AN2
  %00001100, 'AN3
  %00010000, 'AN4
  %00010100. 'AN5
   %00011000 'AN6
  )
 Inicio Subrutina de Interrupción
****************************
sub procedure interrupt
if TestBit(INTCON,TMR0IF) = 1 then
                                  ' Fue el TIMER 0?
  SetBit(ADCON0,ADON)
                                  ' Prende Convertidor
  SetBit(ADCON0,GO)
                                  'Inicia Conversión
```

' Selección de Canal

```
INTCON.TMR0IF = 0
                                    'Borrar la bandera de interrupción del Timer0
end if
if TestBit(PIR1,RCIF) = 1 then
                                    ' Fue por Recepción
  recibido = Usart Read
                                    ' Almacena Dato Recibido en la variable
     if recibido = $23 then
                                    ' Compara con el valor enviado del protocolo
       ban_rec = 1
                                    ' Activa bandera de Protocolo Correcto Recibido
       RCSTA.4 = 0
                                    ' Deshabilita la Recepción
  end if
end if
if TestBit(PIR1,ADIF) = 1 then
                                    'Pregunta si termino de realizar la conversión
  ADCON0.0 = 0
                                    ' Apaga la adquisición durante la conversión
  if cpromedio = 0 then
                                    ' Control en la primera adquisición
    adc[cont] = Adc\_Read(cont)
                                    'Asigna a numero el valor del dato convertido
  else
     adc[cont] = (adc[cont] + Adc\_Read(cont))/2
                                            'Asigna a numero el valor del dato convertido
  end if
  if num_ch = 7 then
                                  ' Pregunta si se ha terminado de convertir todos los canales
    ClearBit (T0CON,TMR0ON)
                                  ' Apaga Timer y Conversión
    if cpromedio = 25 then
                                  ' Control para valores promediados
       if ban_rec = 1 then
                                  'Si se ha recibido el protocolo se habilita la transmisión
          PORTC.2 = 1
                                   ' Habilita Transmisión del MAX485
          Usart_Write($23)
                                   'Envió de carácter correspondiente para señalización
          for i = 0 to 6
                                   'Envió de Datos de 4 Caracteres Cada Uno
            WordToStr(adc[i], dato_txt)
            for j = 0 to 4
               Usart_Write(dato_txt[j])
            next j
          next i
          ban_rec = 0
                                           'Encera bandera de recepción
          PORTC.2 = 0
                                           ' Apaga transmisión de 485
       end if
       cpromedio = 0
     else
       cpromedio = cpromedio + 1
     end if
Pro\_Temp = (adc[0] + adc[1] + adc[2])/3
                                          ' Calculo Promedio Temperatura
     Pro\_Hum = (adc[3] + adc[4])/2
                                          ' Calculo Promedio Humedad
```

```
Co2 = adc[5]
                            ' Calculo CO2

if (Pro_Temp >= Temp_Guar - 2) and (Pro_Temp <= Temp_Guar + 2) then
    if bandtemp = 1 then
      if Pro_Temp > Temp_Guar + 2 then
        PORTB.0 = 0
        bandtemp = 0
      end if
    end if
   else
    if Pro_Temp < Temp_Guar - 2 then</pre>
      PORTB.0 = 1
      bandtemp = 1
    else
      if Pro_Temp > Temp_Guar + 2 then
        PORTB.0 = 0
        bandtemp = 0
      end if
    end if
   end if
if (Pro_Hum >= Hum_Guar - 2) and (Pro_Hum <= Hum_Guar + 2) then
    if bandhum = 1 then
      if Pro_Hum > Hum_Guar + 2 then
        PORTB.1 = 0
        bandhum = 0
      end if
    end if
   else
    if Pro_Hum < Hum_Guar - 2 then</pre>
      PORTB.1 = 1
      bandhum = 1
    else
      if Pro_Hum > Hum_Guar + 2 then
        PORTB.1 = 0
        bandhum = 0
      end if
```

```
end if
   end if
if (Co2 >= Co2 Guar - 2) and (Co2 <= Co2 Guar + 2) then
     if bandco2 = 1 then
       if Co2 > Co2 Guar + 2 then
        PORTB.2 = 0
        Bandco2 = 0
       end if
     end if
   else
     if Co2 < Co2 Guar - 2 then
       PORTB.2 = 1
       Bandco2 = 1
     else
       if Co2 > Co2\_Guar + 2 then
        PORTB.2 = 0
        Bandco2 = 0
       end if
     end if
   end if
RCSTA.4 = 1
                              ' Habilita la Recepción
                              'Encera la posición de los canales
   num_ch = 0
   cont = 0
                              'Encera la matriz de Valores
   ADCON0 = canales [num_ch]
                              ' Vuelve a Asignarse el Primer Canal
   SetBit (T0CON,TMR0ON)
                              ' Apaga Timer y Conversión
 else
                              'Incrementa el Contador
   cont = cont + 1
   ADCON0 = canales [num_ch]
                              'Asignación de Canal a Adquirir
 end if
ClearBit(PIR1,ADIF)
                              'Limpia Bandera del conversor antes de salir
end if
end sub
                              ' Final de la rutina de interrupción
**********************************
                         'Inicio del programa
CMCON = \%00000111
                         ' Configuración del Prescaler
```

TDICA 0/1111111	' Todo el PORTA es Entrada	
TRISA = %11111111		
PORTA = 0	'Borrar el PORTA	
INTCON2.7 = 0	' Activa Pull Ups	
TRISB = %00000000	' Todo el PORTB como Salida	
PORTB = 0	' Borra el puerto B	
TRISC = %11111000	' PORTC.0.1.2 Son Salidas Resto Entradas	
PORTC.2 = 0	' Desactivado Max485	
TRISE = %11111111	' Todo el PORTE es Entrada	
PORTE = 0	'Limpia el PORTE	
'****** <i>INICIALI</i>	ZACION DE VARIABLES ****************	
$num_ch = 0$	' Numero de Canal Inicia en Canal 0	
er = 0	' No hay error en recepción	
cont = 0	' Contador inicializado en 0	
cpromedio = 0	' Contador de valores Promediados	
$ban_rec = 0$	' Bandera de Control de Recepción	
Temp_Guar = \$33	'Temperatura a Mantener	
bandtemp = 0	' Bandera para control de temperatura	
bandhum = 0	' Bandera para control de humedad	
bandco2 = 0	' Bandera para control de co2	
'****** INICIALI	ZACION DE TX_RX *******************	
Usart_Init(9600)	' Inicializa el módulo USART	
'*************************************	errupciones*********************	
SetBit(INTCON,GIE)	' Habilita Interrupciones globales	
SetBit(INTCON,PEIE)	' Habilita interrupción por periféricos	
SetBit(INTCON,TMR0IE)	' Habilita interrupción por TIMER0	
PIE1 = %01100000	' Habilita Interrupción por conversor A/D y por recepción	
TMR0L = 0	'Limpia Registro del Timer	
T0CON = %10000000	Configuración Temporizador	
'*************************************	figuración A/D***********************	
ADCON0 = %00000000	Habilita conversor A/D	
ADCON1 = %00000001	' ANO a AN7 Activados y referencias de voltaje	
ADCON2 = %10010101	' Justificado a la Derecha, 4TAD, FOSC16	
'*************************************		
while TRUE	'Bucle infinito	
wend		
end.	'Final	

3.2 Software de Interfaz de Usuario elaborado en LabVIEW.

El programa elaborado en LabVIEW conforma el sistema central de control conjuntamente con el microcontrolador, el programa está encargado de la sincronización y señalización en la transmisión de datos desde las placas de adquisición - control hasta el computador que es el que contiene el interfaz gráfico, que permite al usuario llevar un control visual sobre el estado actual de los diferentes parámetros del sistema. El diagrama de flujo del programa elaborado en LabVIEW se muestra en la figura 3.7.

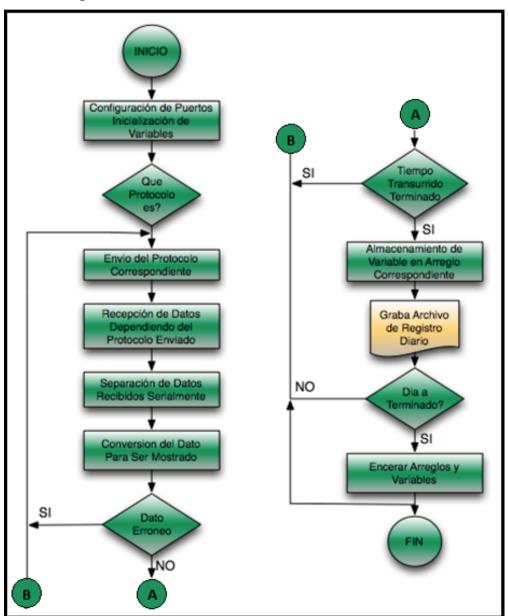


Figura 3. 7 Diagrama de Flujo del Programa Elaborado en LabVIEW.

La grabación del archivo requiere de otro programa el cual es invocado en el programa principal, y se conoce como sub vi, este sub vi contiene todos los

parámetros necesarios para que el archivo tenga el formato deseado y permita al usuario tener un registro correcto de los datos obtenidos por el sistema de adquisición - control. La figura 3.8 muestra el diagrama de flujo de la subrutina encargada de la creación del archivo de registro.



Figura 3. 8 Diagrama de Flujo del Programa Para la Creación del Archivo de Registro.

3.2.1 Algoritmo del programa elaborado en LabVIEW.

Inicio del Programa

Inicialización de Constantes y Variables

Configuración de la Comunicación Serial

Contador Iteración = 0

Bucle Infinito

Casos

Caso Contador Iteración = 0

Envío Protocolo Sistema de Adquisición Área 1

Escritura en el Puerto Serial

Tiempo de Espera

Lectura del Puerto Serial

Separación de Datos Recibidos

Conversión de Datos para ser Mostrados

Pregunta $\underline{\text{Todos los datos}} > \underline{0}$ Entonces

Almacena Datos en Arreglo

Pregunta <u>Tiempo de Grabación Terminado = Verdad</u> Entonces

Crea y Abre el Archivo

Almacena dato en Archivo

Recolecta Datos Recibidos

Concatena Datos Nuevos a Datos Existentes

Calcula y Muestra valores Máximos y Mínimos

Crea Formato de Archivo

Graba y Cierra el Archivo

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Pregunta Han Pasado 24 Horas = Verdad Entonces

Encera Variables y Arreglos a Ser Grabados

Termina Pregunta

Pregunta Contador de Iteración = 3 Entonces

Contador Iteración = 0

Caso Contrario

Contador de Iteración = Contador de Iteración + 1

Termina Pregunta

Termina Caso Contador Iteración = 0

Caso Contador Iteración = 1

Envío Protocolo Sistema de Adquisición Área 2

Escritura en el Puerto Serial

Tiempo de Espera

Lectura del Puerto Serial

Separación de Datos Recibidos

Conversión de Datos para ser Mostrados

Pregunta $\underline{\text{Todos los datos}} > 0$ Entonces

Almacena Datos en Arreglo

Pregunta Tiempo de Grabación Terminado = Verdad Entonces

Crea y Abre el Archivo

Almacena dato en Archivo

Recolecta Datos Recibidos

Concatena Datos Nuevos a Datos Existentes

Calcula y Muestra valores Máximos y Mínimos

Crea Formato de Archivo

Graba y Cierra el Archivo

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Pregunta Han Pasado 24 Horas = Verdad Entonces

Encera Variables y Arreglos a Ser Grabados

Termina Pregunta

Pregunta Contador de Iteración = 3 Entonces

Contador Iteración = 0

Caso Contrario

Contador de Iteración = Contador de Iteración + 1

Termina Pregunta

Termina Caso Contador Iteración = 1

Caso Contador Iteración = 2

Envío Protocolo Sistema de Adquisición Área 3

Escritura en el Puerto Serial

Tiempo de Espera

Lectura del Puerto Serial

Separación de Datos Recibidos

Conversión de Datos para ser Mostrados

Pregunta $\underline{\text{Todos los datos}} > 0$ Entonces

Almacena Datos en Arreglo

Pregunta Tiempo de Grabación Terminado = Verdad Entonces

Crea y Abre el Archivo

Almacena dato en Archivo

Recolecta Datos Recibidos

Concatena Datos Nuevos a Datos Existentes

Calcula y Muestra valores Máximos y Mínimos

Crea Formato de Archivo

Graba y Cierra el Archivo

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Pregunta Han Pasado 24 Horas = Verdad Entonces

Encera Variables y Arreglos a Ser Grabados

Termina Pregunta

Pregunta Contador de Iteración = 3 Entonces

Contador Iteración = 0

Caso Contrario

Contador de Iteración = Contador de Iteración + 1

Termina Pregunta

Termina Caso Contador Iteración = 2

Caso Contador Iteración = 3

Envío Protocolo Sistema de Adquisición Área 4

Escritura en el Puerto Serial

Tiempo de Espera

Lectura del Puerto Serial

Separación de Datos Recibidos

Conversión de Datos para ser Mostrados

Pregunta $\underline{\text{Todos los datos}} > \underline{0}$ Entonces

Almacena Datos en Arreglo

Pregunta Tiempo de Grabación Terminado = Verdad Entonces

Crea y Abre el Archivo

Almacena dato en Archivo

Recolecta Datos Recibidos

Concatena Datos Nuevos a Datos Existentes

Calcula y Muestra valores Máximos y Mínimos

Crea Formato de Archivo

Graba y Cierra el Archivo

Termina Pregunta

Termina Pregunta

Pregunta Han Pasado 24 Horas = Verdad Entonces

Encera Variables y Arreglos a Ser Grabados

Termina Pregunta

Pregunta Contador de Iteración = 3 Entonces

Contador Iteración = 0

Caso Contrario

Contador de Iteración = Contador de Iteración + 1

Termina Pregunta

Termina Caso Contador Iteración = 3

Termina Casos

Fin Bucle Infinito

Termina El Programa

3.2.2 Programa de LabVIEW.

3.2.2.1 Inicialización de variables.

Las variables utilizadas para presentación y almacenamiento son inicializadas a cero, como se muestra en la figura 3.9

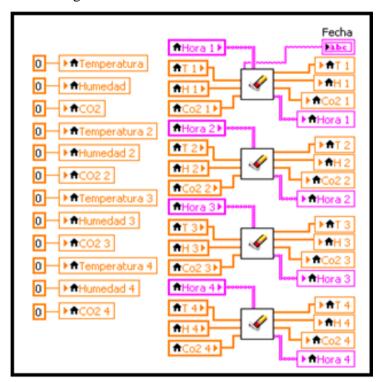


Figura 3. 9 Inicialización de variables.

El SubVI encargado de inicializar los arreglos a cero, recibe los arreglos y elimina toda la información almacenada en ellos, la figura 3.10 muestra el diagrama de bloque de este VI.

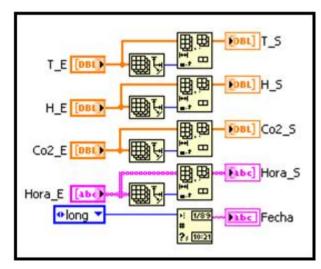


Figura 3. 10 Diagrama de bloques Inicialización de arreglos.

3.2.2.2 Configuración Serial.

Se configura el puerto como se muestra en la figura 3.11.

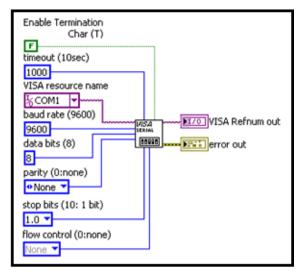


Figura 3. 11 Diagrama de bloques Inicialización de arreglos.

3.2.2.3 Envió de Dirección y Recepción de Información.

Se envía el carácter especial de direccionamiento de cada placa y se da un tiempo de espera para realizar el envío. Antes de ser tratada la información recibida se comprueba el carácter de dirección para comprobar el área a la que corresponde. En la figura 3.12 se muestra este proceso.

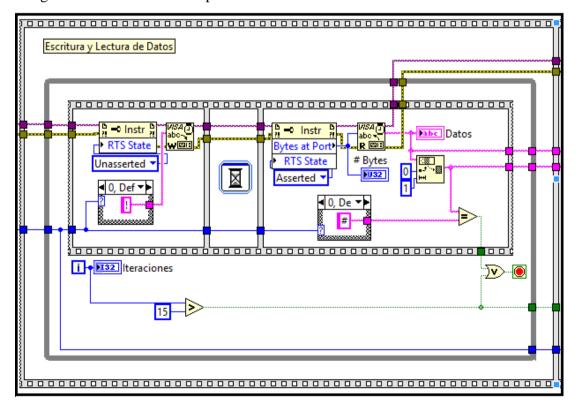


Figura 3. 12 Envió de Dirección y Recepción de Información.

3.2.2.4 Conversión.

La información recibida por cada placa contiene una trama de 35 Bytes, estos son separados cada 5 bytes que contienen la información de cada canal de adquisición correspondiente a cada uno de los sensores, estos 5 bytes se convierten de valor hexadecimal a un número decimal, estos multiplicados por la resolución se convierten a voltaje y transformados a valores de grados, porcentaje de humedad relativa y partes por millón (PPM's) por la formula correspondiente, como se muestra en la figura 3.13.

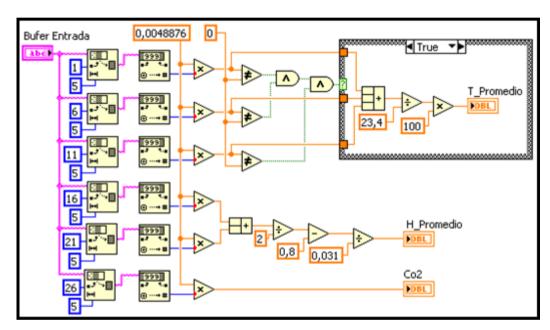


Figura 3. 13 Diagrama de bloques VI de Conversión de datos.

3.2.2.5 Control de datos corruptos y almacenamiento.

Después de la conversión de los datos recibidos se procede a realizar un control con la finalidad de evitar que datos corruptos se almacenen en los archivos de registro como se muestra en la figura 3.14. Posterior a eso se concatenan los valores recibidos a los arreglos que serán almacenados en el archivo de registro. Esto se hace cada 5 minutos a fin de evitar una cantidad excesiva de datos.

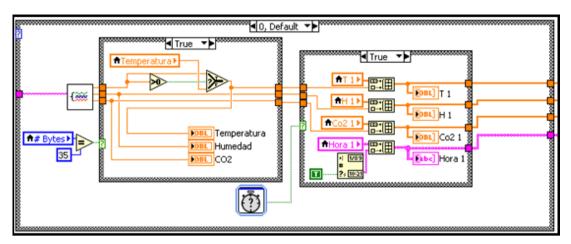


Figura 3. 14 Control y concatenación de datos a arreglos.

3.2.2.6 Creación del archivo de registro.

El archivo de registro es creado según el nombre del área al cual pertenecen los datos obtenidos, es así por ejemplo como muestra la figura 3.15 se crea el archivo Invernadero 1.xls en una ruta especificada en el programa, el cual contiene los datos de dicha área almacenados en un intervalo de tiempo definido en el proceso anterior.

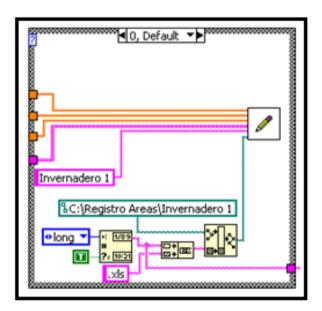


Figura 3. 15 Creación del archivo de registro.

3.2.2.7 Formato del archivo de registro.

El SubVI encargado de dar el formato al archivo final que será revisado por el usuario es mostrado en la figura 3.16 y recibe los arreglos que contienen los datos de Hora / Temperatura / Humedad / CO₂, los cuales son analizados por el programa y agregados de forma ordenada en los campos respectivos, así como también se extrae los valores máximos y mínimos de los distintos parámetros a fin de llevar un control más sencillo.

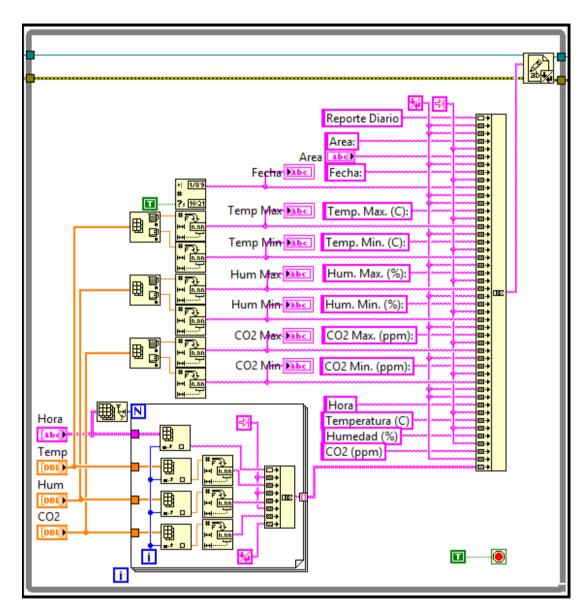


Figura 3. 16 Formato y organización del archivo de registro.

3.3 Implementación de Servicios Web para el monitoreo remoto.

Se empieza la configuración del servidor web de LabVIEW, para esto existen varios caminos, uno de ellos es hacerlo a través de un explorador de internet y tener instalado Microsoft Silverlight. Una vez cumplidos dichos requisitos abrimos el explorador y en la dirección se coloca http://localhost:3500, y el explorador lanzara una pantalla como la de la figura 3.17 solicitando el nombre de usuario y contraseña, en el campo usuario se escribe admin y el de contraseña deja en blanco.



Figura 3. 17 Pantalla de autentificación del servidor web de LabVIEW.

Una vez ingresado en el sistema de configuración mostrado en la figura 3.18, en la parte izquierda se encuentra un icono que simboliza una red, se ingresa ahí y en la sección titulada Aplication Web Server en Port se coloca el número de puerto a través del cual el router direccionara al cliente hacia el servidor web de LabVIEW en este caso es el 5001. Además señalamos la casilla *Enabled* (Habilitado) para habilitar el servidor.



Figura 3. 18 Pantalla configuración del servidor web de LabVIEW.

3.3.1 Configuración del router.

Para acceder a la configuración avanzada del router, lo que hacemos es en el explorador de internet escribir la dirección IP 192.168.1.1, cabe destacar que esta dirección varía dependiendo de la marca del Router que se vaya a utilizar. Una vez ingresada la dirección, el explorador nos lanzara una aplicación de autentificación como la de la figura 3.19, en este caso específico el nombre de usuario es admin y la contraseña personal del usuario. Al presionar en aceptar nos llevara a una pantalla como la de la figura 3.20.



Figura 3. 19 Pantalla de acceso a la configuración del router.

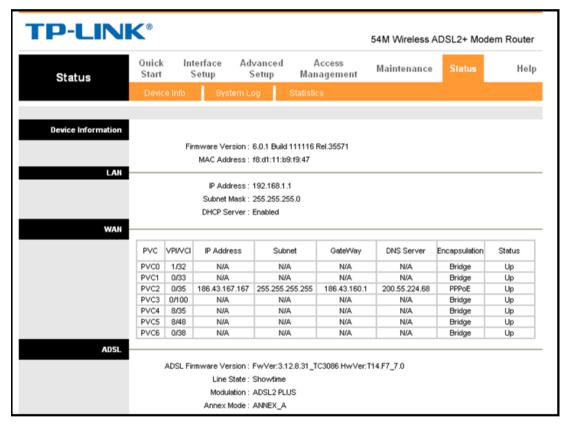


Figura 3. 20 Pantalla menú para configuración del router.

Una vez que se a ingresado al menú de configuración, seleccionamos la opción Advanced Setup (Configuración Avanzada) que nos mostrara una pantalla como la de la figura 3.21. Seleccionamos Disabled (Deshabilitado) en la sección titulada Firewall y con esto desactivamos cualquier restricción que pueda hacer el router a una conexión externa.

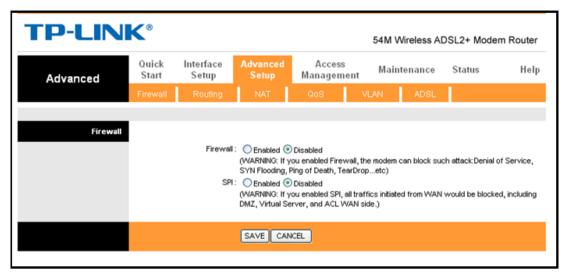


Figura 3. 21 Pantalla de configuración del firewall.

Seleccionar la opción *NAT* la cual desplegara una pantalla como la de la figura 3.22 y en la sección titulada como Virtual Circuit desplegamos la lista y seleccionar el circuito que se encuentre abierto, en este caso es el circuito número 2 (*PVC*2).

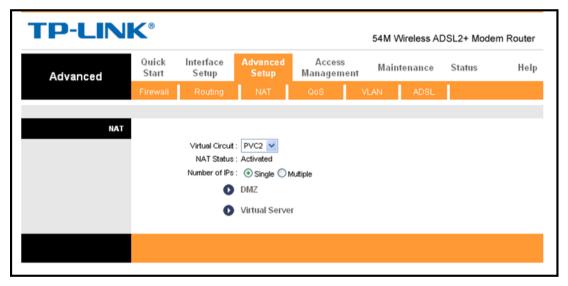


Figura 3. 22 Pantalla de habilitación del circuito virtual.

Desplegar la opción virtual server donde se configura el acceso al servidor, en la sección *Rule Index* dejar el número 1, en *Application* seleccionar FTP, en *Protocol* TCP, en todas las opciones *Port Number* colocar 5001 y en *Local IP Address* ingresar la IP del servidor web la cual es mostrada en el paso 1, este caso es 192.168.1.8, la configuración debe quedar como la de la figura 3.23.

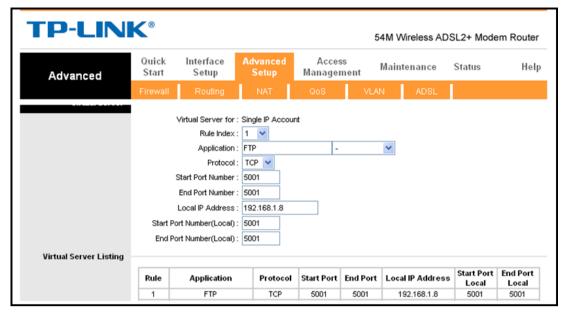


Figura 3. 23 Configuración del circuito virtual.

3.3.2 Implementación del servicio web en LabVIEW.

Para empezar con la implementación del servicio web se debe crear un proyecto (si no fue creado anteriormente) el cual debe contener todos los VIs y SubVIs que conforman el sistema. El explorador de proyectos debe quedar como el de la figura 3.24.

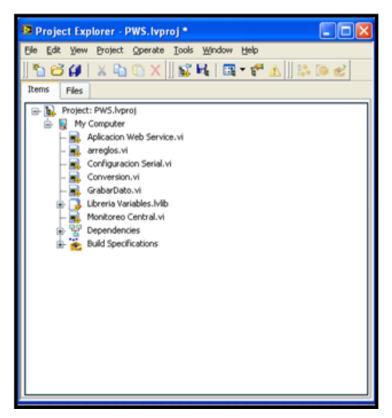


Figura 3. 24 Explorador de proyectos de LabVIEW.

Una vez dentro del explorador de proyectos hay que crear las variables que serán encargadas de compartir la información que queremos publicar a través del servicio web, llamadas Shared Variables. Crear todas las variables con la configuración mostrada en la figura 3.25.

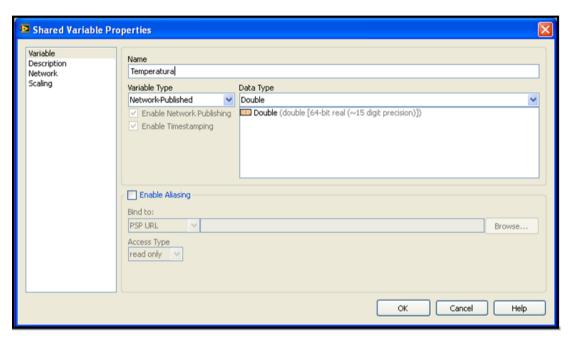


Figura 3. 25 Creación de las variables compartidas.

Una vez creadas todas las variables compartidas, seleccionar todas y simplemente arrastrar hacia el programa principal, ahí se las debe conectar con los parámetros que se mostraran utilizando el servicio web. La figura 3.26 muestra dicha conexión. Ahora se debe crear un nuevo VI el cual será el seleccionado como archivo fuente en el servidor web, es decir el que mostrara los datos que serán solicitados por el cliente. La figura 3.27 muestra el diagrama de bloques del nuevo VI con las variables compartidas y sus respectivos indicadores.

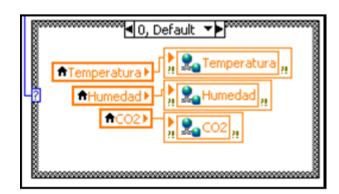


Figura 3. 26 Conexión con variables compartidas.

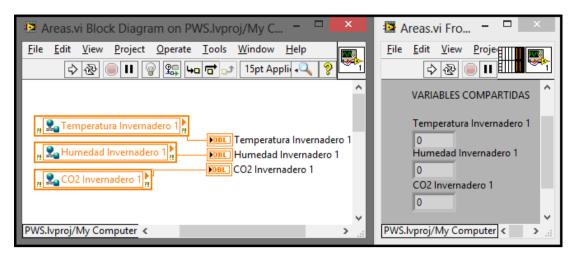


Figura 3. 27 Creación del VI a ser compartido a través de los servicios web.

Para crear el servicio web regresamos al explorador de proyectos, y en la parte baja, en la sección titulada Build Especifications dar clic derecho y en seleccionar Web Service (RESTful) en New, como se muestra en la figura 3.28.

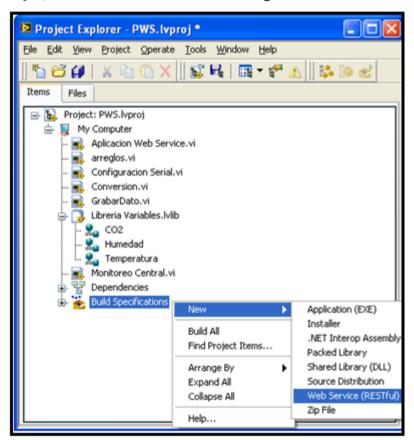


Figura 3. 28 Creación del servicio web.

En la ventana de propiedades del servicio web como la de la figura 3.29 en la opción llamada Information seleccionar la casilla Service name y escribir un nombre a elección, en este caso se llamara monitoreo.

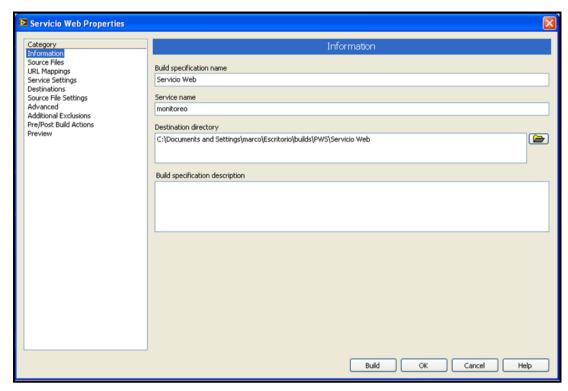


Figura 3. 29 Ventana de propiedades del servicio web (Nombre del servicio).

En la pantalla como la de la figura 3.30 seleccionar la opción llamada Source Files en donde Labview pedirá que selección el archivo fuente, es decir el VI del cual se seleccionara las variables a ser mostradas por el servicio web. En este caso se toma el VI que se creó previamente para este fin cuyo nombre es Aplicación Web Service.

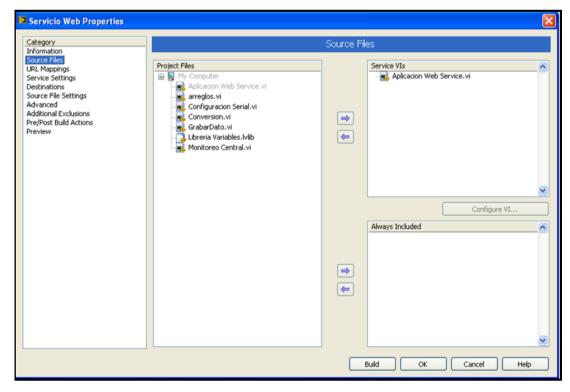


Figura 3. 30 Ventana de propiedades del servicio web (Archivo fuente).

Por ultimo seleccionamos la opción *URL Mappings* la cual muestra el mapeo o dirección que utilizara el cliente a través del explorador que utilice para poder visualizar los parámetros que requiera como se muestra en la figura 3.31.

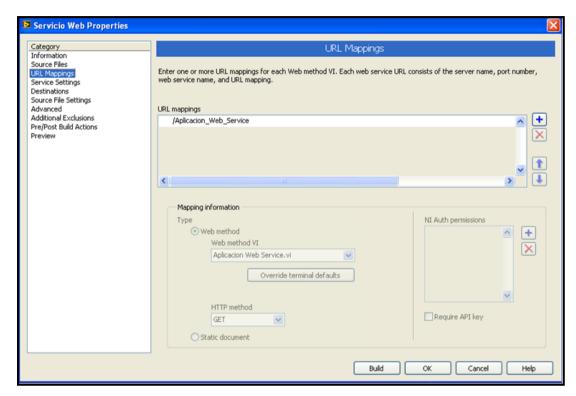


Figura 3. 31 Ventana de propiedades del servicio web (Mapeo).

Una vez realizados todos los pasos previos, seleccionamos *Build*, y deberá aparecer un mensaje como el de la figura 3.32 que nos indica que el servicio ha sido construido exitosamente.

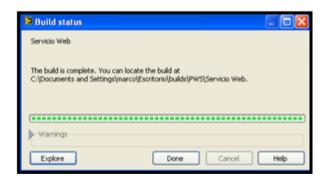


Figura 3. 32 Ventana de construcción exitosa del servicio web.

Una vez construido correctamente el servicio web, se deben desplegar todas las variables compartidas, para lo que en el explorador del proyecto se selecciona la librería que contiene las variables y se escoge la opción *Deploy All* como se muestra en la figura 3.33.

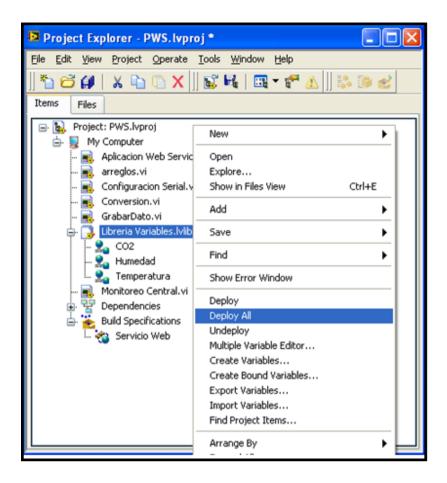


Figura 3. 33 Variables desplegadas en el explorador de proyectos.

El último paso es seleccionar el servicio web en el explorador de proyectos y después de dar clic derecho, seleccionar la opción *Deploy*, una vez realizado deberá aparecer una ventana como la de la figura 3.34 que indica la correcta implementación del servicio web.

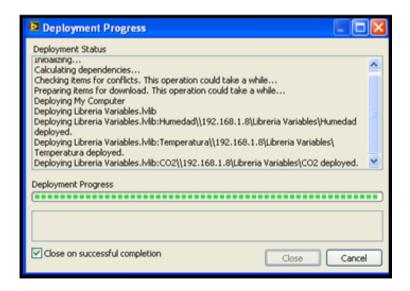


Figura 3. 34 Ventana que indica la correcta implementación del servicio web.

CAPÍTULO 4

Pruebas del Sistema

Las pruebas de un sistema, en este caso un sistema de control, tienen la finalidad de someterlo a todas las posibles situaciones que puedan producirse y de este modo depurarlo con la finalidad de que la respuesta a dichas situaciones sea la esperada.

El método de comprobación del sistema se crea un ambiente que permita manipular según los requerimientos sus variables de entrada o variables de control para poder observar y analizar su respuesta.

4.1 Hardware para pruebas.

El sistema encargado de simular las variantes del ambiente al cual estará sujeto el sistema de control será la tarjeta de adquisición de datos o DAQ USB-6009 la cual físicamente se ve como en la figura 4.1 así también sus salidas y entradas se encuentran distribuidas como se muestra en la figura 4.2.

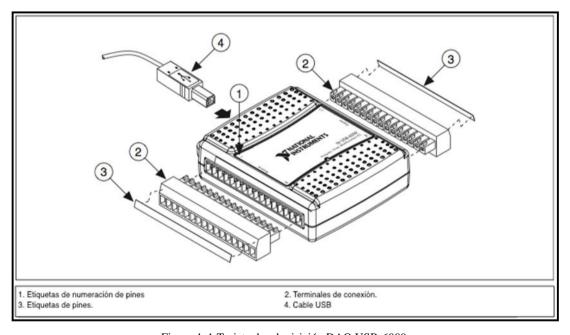
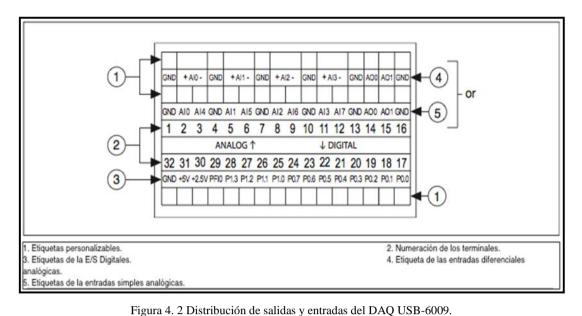


Figura 4. 1 Tarjeta de adquisición DAQ USB-6009. (National Instruments, USB-6008/6009 User Guide and Specifications, 2005, Pág. 6)



(National Instruments, USB-6008/6009 User Guide and Specifications, 2005, Pág. 7)

4.1.1 Especificaciones técnicas de la tarjeta DAQ USB-6009.

La tarjeta de adquisición DAQ USB-6009 cuenta con una multitud de entradas y salidas de diferentes tipos y usadas en diversas configuración, a continuación son especificadas las prestaciones de la DAQ USB-6009 sub divididas de las siguiente manera. Las especificaciones técnicas de las entradas y salidas pueden ser observadas en las tablas Tabla 4.1, Tabla 4.2 y Tabla 4.3.

Característica	Rango
Resolución de entrada.	12 Bits diferencial / 11 Bits referenciada.
Tasa de muestreo máxima.	10Kz por canal.
Al FIFO.	512 Bytes.
Impedancia de entrada.	114 ΚΩ
Voltaje de entrada máximo	±10V Diferencial / ±20V Referenciada.

Tabla 4. 1 Especificaciones de las entradas analógicas del DAQ USB-6009.

Característica	Rango
Resolución de salida.	12 Bits.
Rango de salida.	0 a 5V
Tasa de actualización de tarjeta.	150hz
Al FIFO	512 Bytes
Impedancia de salida	50Ω

Tabla 4. 2 Tabla 4.2 Especificaciones de las salidas analógicas del DAQ USB-6009.

Característica	Rango
Tipo de salida.	Colector abierto
Rango de salida.	-0.5V a 5.8V respecto a GND
Resistencia de Pull Up.	4.7KΩ a 5V
Voltaje de entrada bajo.	-0.3 a 0.8V
Voltaje de entrada alto.	2 a 5.8V

Tabla 4. 3 Especificaciones de las entradas / salidas digitales del DAQ USB-6009.

4.2 Pruebas Sensores.

Las pruebas a los sensores que se encuentran a lo largo del sistema fue realizada dentro de ambientes que permiten la manipulación de las señales captadas por los sensores, es decir señales de temperatura, humedad y CO₂, de este modo sometiendo a los extremos a los diferentes sensores se pudo apreciar de mejor manera su comportamiento así como comprobar su correcto funcionamiento. Las pruebas están realizadas en todos los sensores utilizados para un área completa de medición, cabe destacar que todas las áreas tienen el mismo número de sensores, variando solo los parámetros necesarios para el control.

Para poder comprobar la reacción de los diferentes sensores se construyó un software en LabVIEW que permitiera visualizar dicha reacción, diferenciando obviamente los programas según cada uno de los sensores y sus respectivas características

4.2.1 Pruebas del sensor de temperatura.

4.2.1.1 Software para pruebas.

El programa realizado en LabVIEW es mostrado en la figura 4.3 y usa 3 canales analógicos de la tarjeta de adquisición DAQ la cual se encarga de captar las señales de los 3 sensores de temperatura LM35DZ al mismo tiempo, los cuales fueron adaptados en un caja aislada que permitió que la temperatura dentro de ella sea lo más uniforme posible. Así se realizaron dos procesos para elevar y disminuir la temperatura. Estas pruebas permitieron analizar de manera más real el comportamiento y rapidez de reacción de los sensores de temperatura implementados en el sistema.

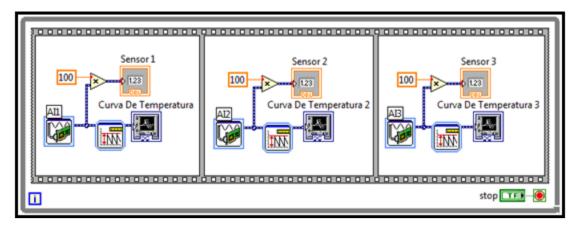


Figura 4. 3 Programa de LabVIEW para comprobación del sensor de temperatura.

4.2.1.2 Resultados.

Para poder comprobar el funcionamiento de los sensores, estos fueron calentados a una temperatura aproximada de 100 °C durante un periodo de tiempo de aproximadamente 3 minutos, una vez alcanzada dicha temperatura, se los sometió al proceso inverso enfriándolos a través de un sistema de ventilación hasta que la temperatura censada alcanzara los niveles ambientales, es decir aproximadamente 20 °C. Todo es proceso fue realizado dentro de un ambiente lo más aislado posible, a fin de evitar variaciones en la medición debido a factores externos. Las figura 4.4 a la 4.6 muestran los resultados del aumento de la temperatura y de la figura 4.7 a la 4.9 el resultado de la disminución de temperatura.

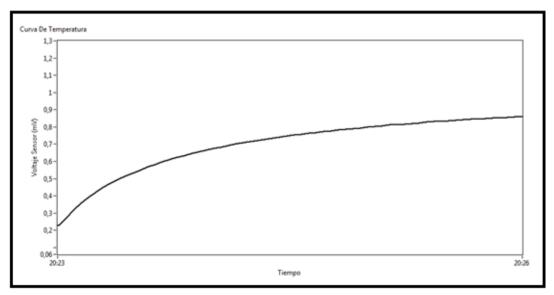


Figura 4. 4 Curva resultante del aumento de temperatura del sensor 1.

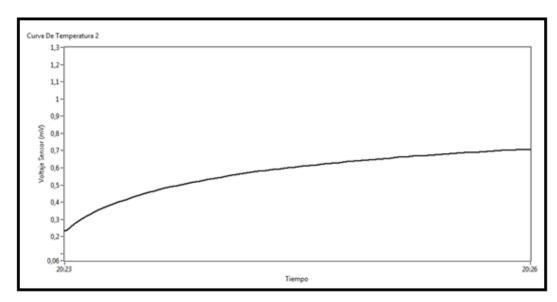


Figura 4. 5 Curva resultante del aumento de temperatura del sensor 2.

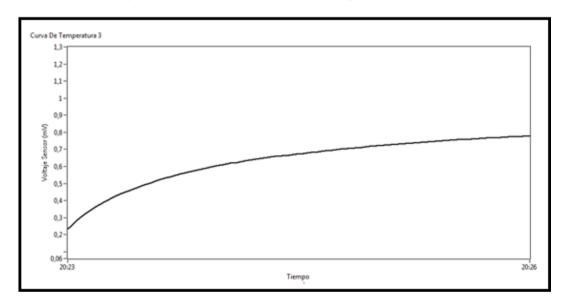


Figura 4. 6 Curva resultante del aumento de temperatura del sensor 3.

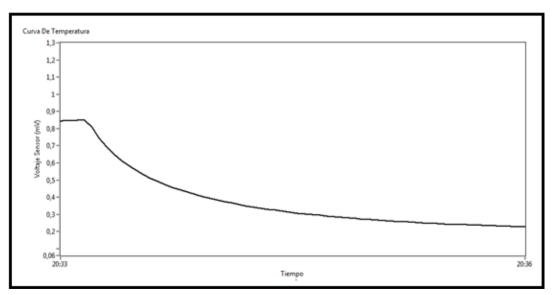


Figura 4. 7 Curva resultante de la disminución de la temperatura del sensor 1.

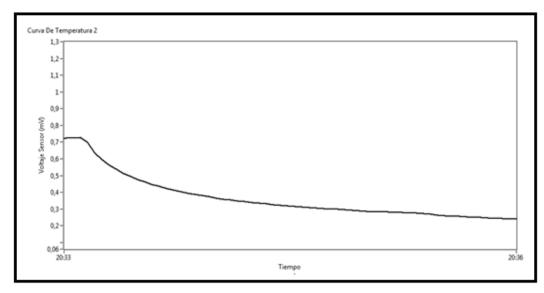


Figura 4. 8 Curva resultante de la disminución de la temperatura del sensor 2.

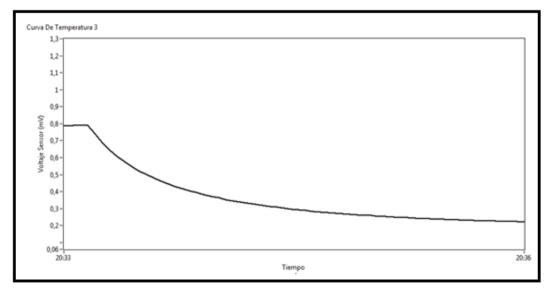


Figura 4. 9 Curva resultante de la disminución de la temperatura del sensor 3.

4.2.1.3 Curva de temperatura Post Amplificación.

Las características del sensor de temperatura LM35DZ hacen que exista una variación de tan solo 10mV/°C lo cual es muy pequeño si se considera que dicho voltaje debe pasar a través de un cable de cierta longitud. Dadas estas condiciones los sensores están adaptados a sistemas de amplificación y bufereado que permiten tener una señal proporcionalmente ampliada 7.8 veces y filtrada para que pueda ser captada de mejor manera. Para probar el sistema de amplificación se utiliza una señal de voltaje conocido a la entrada del sistema de modo de poder constatar con mayor exactitud el nivel de amplificación aplicado. La figura 4.10 muestra el diagrama de bloques del programa de prueba del sistema de amplificación mientras la figura 4.11

muestra las curvas comparativas entre la señal de entrada vs la señal de salida posterior a la amplificación.

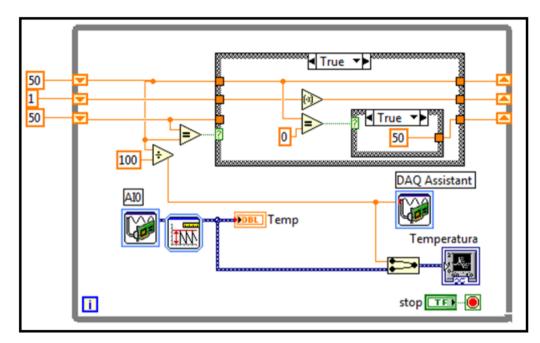


Figura 4. 10 Programa de LabVIEW para comprobación del sistema de amplificación de los sensores de temperatura.

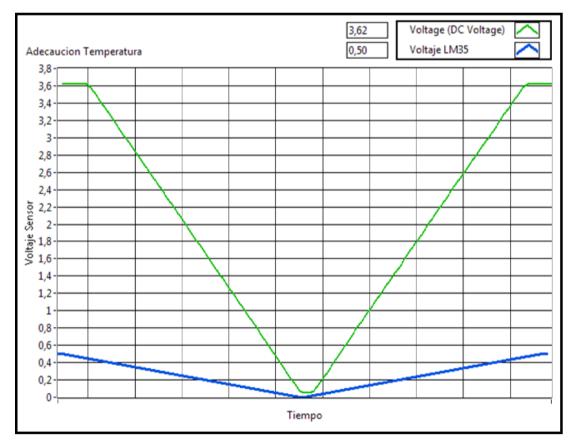


Figura 4. 11 Señal entregada por el sensor te temperatura (azul) vs Señal amplificada (Verde).

4.2.2 Pruebas del sensor de humedad.

4.2.2.1 Software para pruebas.

Al igual que el programa destinado para captar las señales entregadas por los sensores de temperatura se elaboró un programa en LabVIEW, mostrado en la figura 4.12, el cual en combinación con la tarjeta de adquisición DAQ, permitió la captura de las señales entregadas por los sensores de humedad HIH - 4010, los cuales se sometieron al nivel máximo de humedad, es decir el 100% y luego a través de ventilación se descendió la humedad a la humedad ambiental, alrededor del 50%, de este modo se pudo observar de mejor manera la respuesta del sensor de humedad.

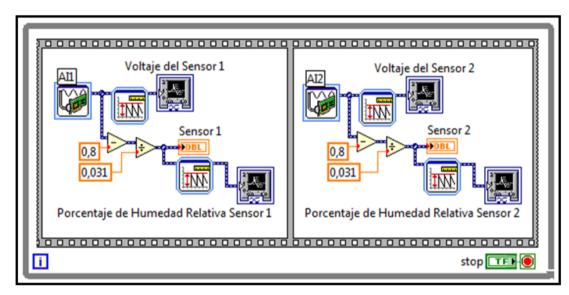


Figura 4. 12 Programa de LabVIEW para comprobación del sensor de humedad.

4.2.2.2 Resultados

Una vez finalizadas las pruebas se obtuvo los siguientes resultados tanto a nivel de voltaje como un porcentaje de humedad relativa ambiental, los cuales son mostrados en la figuras 4.13 a la 4.16.

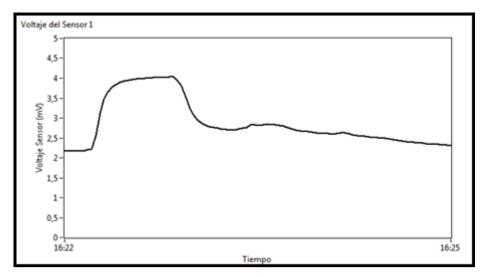


Figura 4. 13 Curva resultante en voltaje debido a la variación de HR del sensor 1.

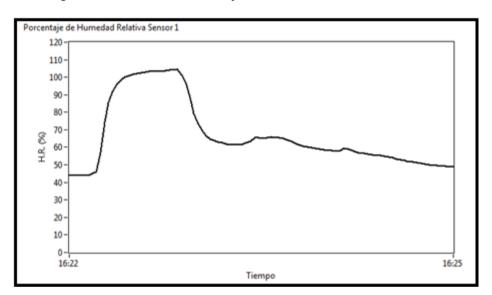


Figura 4. 14 Curva resultante en porcentaje debido a la variación de HR del sensor 1.

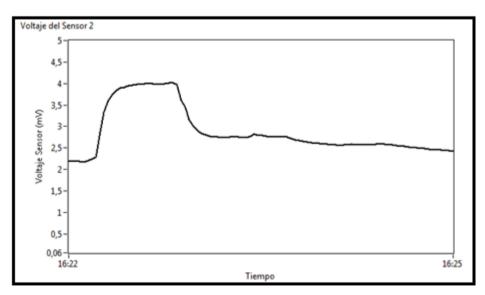


Figura 4. 15 Curva resultante en voltaje debido a la variación de HR del sensor 2.

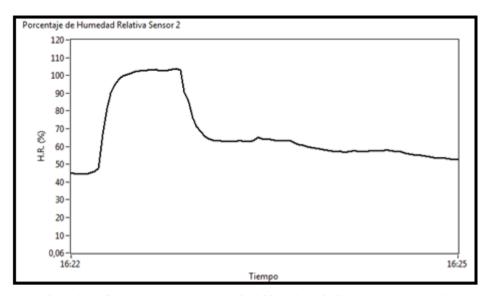


Figura 4. 16 Curva resultante en porcentaje debido a la variación de HR del sensor 2.

4.2.3 Pruebas del sensor de CO₂.

4.2.3.1 Software para pruebas.

El ultimo sensor a probar se trata del sensor de CO2 el cual por su naturaleza es más complicado que los sensores anteriores, de modo que no basta con captar la señal entregada por el sensor para determinar el nivel de CO2 aplicado al mismo debiendo pasara a través de un proceso de cálculo matemático en el programa el cual es mostrado en la figura 4.17, en este caso la prueba se la realizo con las emisiones de CO₂ de una persona, y considerando un nivel máximo de 500 PPM's para efectos de cálculo.

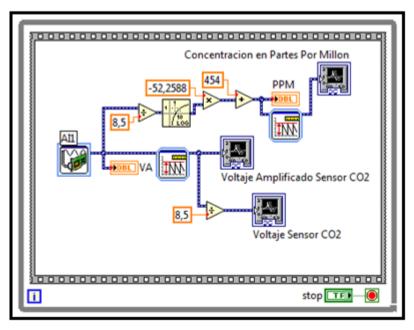


Figura 4. 17 Programa de LabVIEW para comprobación del sensor de CO₂.

4.2.3.2 Resultados.

Una vez finalizadas las pruebas del sensor de CO₂ en un periodo de tiempo de 7 minutos se obtuvieron los siguientes resultados tomando en cuenta el voltaje entregado por el sensor sin amplificación, el voltaje amplificado con un factor de 8.5 veces y el nivel de PPM's el cual como se observa es inversamente proporcional al voltaje entregado por el sensor, las figuras 4.18 a la 4.20 muestran los resultados.

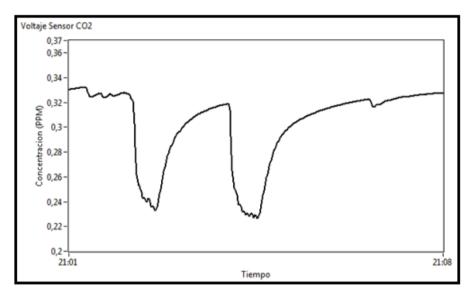


Figura 4. 18 Curva resultante en voltaje (pre amplificación) del sensor de CO₂.

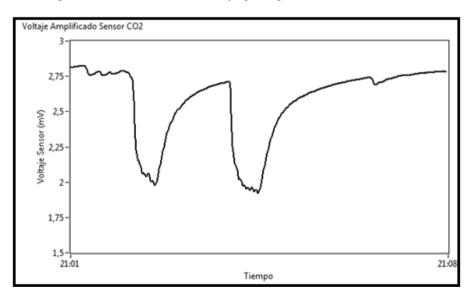


Figura 4. 19 Curva resultante en voltaje (post amplificación) del sensor de CO₂.

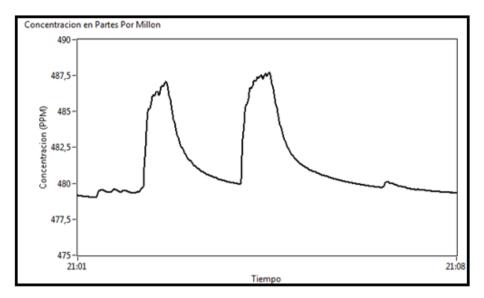


Figura 4. 20 Curva resultante en PPM's (Partes Por Millón) del sensor de CO₂.

4.3 Pruebas Transmisión de Datos.

Para probar el sistema de transmisión de datos a través de la red de comunicación RS-485, se utilizó como señal fuente una señal generada a través de la tarjeta DAQ, es decir a través de LabVIEW se programó la tarjeta a que enviara datos durante intervalos definidos de tiempo hacia la tarjeta de adquisición/control del sistema, la cual es la encargada de la comunicación con la computadora central del sistema, la cual a su vez se encarga de mostrar los datos al usuario. A continuación se muestran 3 pruebas de transmisión / recepción con tres valores diferentes de voltaje, mostrando de este modo el correcto funcionamiento del sistema de comunicación.

4.3.1 Datos Trasmitidos.

Se generaron dos valores de voltajes diferentes y distribuidos a los 6 canales analógicos digitales del microcontrolador como se muestran en las 4.21, 4.22 y 4.23.

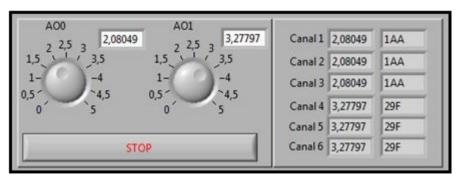


Figura 4. 21 Configuración #1 de voltajes ingresados a los ADC del microcontrolador.

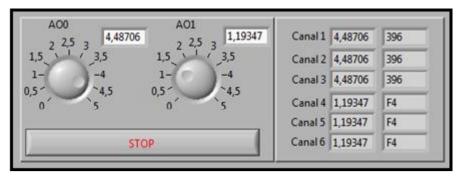


Figura 4. 22 Configuración #2 de voltajes ingresados a los ADC del microcontrolador.

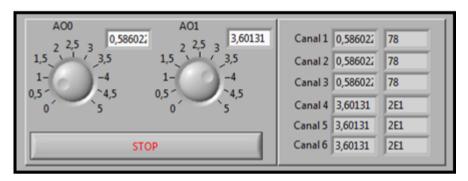


Figura 4. 23 Configuración #3 de voltajes ingresados a los ADC del microcontrolador.

4.3.2 Datos Recibidos.

Una vez adquiridos los voltajes por los el microcontrolador, estos son convertidos de un valor analógico a un dato digital de tipo hexadecimal. Una vez convertidos todos los datos a valores digitales estos son enviados en una sola trama hacia al computador central a través de la red RS-485. Una vez recibidos todos los datos ante puestos de su protocolo correspondiente, son separados nuevamente y convertidos a valores de voltaje, que en el caso de los sensores, dichos valores de voltaje son convertidos a los datos que serán mostrados al usuario, que son temperatura, humedad relativa y nivel de CO₂. A continuación se muestran las figuras 4.24, 4.25 y 4.26 con los datos recibidos, correspondientes a los datos enviados en las configuraciones mostradas anteriormente.

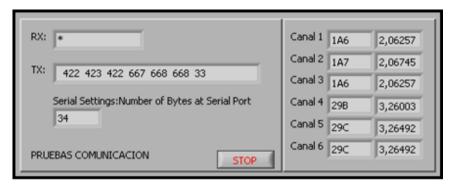


Figura 4. 24 Datos recibidos en la configuración #1 de transmisión.

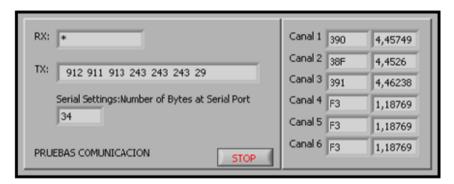


Figura 4. 25 Datos recibidos en la configuración #2 de transmisión.

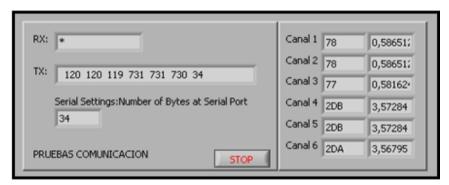


Figura 4. 26 Datos recibidos en la configuración #3 de transmisión.

4.4 Pruebas del Sistema de Control.

Recordando lo ya señalado en el capitulo anterior, para las secuencias de control se utiliza un control de banda muerta, el cual consiste en mantener la variable dentro de un rango cuyos límites son definidos dentro del programa, evitando de este modo un "Control ON/OFF". El control de banda muerta mantiene el valor de la variable manejada dentro de un rango establecido y permitido por el programa, es decir la variable se encuentra oscilando dentro de un rango determinado y esto permite que el control se realice de manera más eficiente y "suave" evitando de este modo que los actuadores cambien de estado muy bruscamente. En la figura 4.27 se muestra el

comportamiento de la señales de entrada entregada por los sensor vs. la de salida entregada por el microcontrolador en el control de banda muerta.

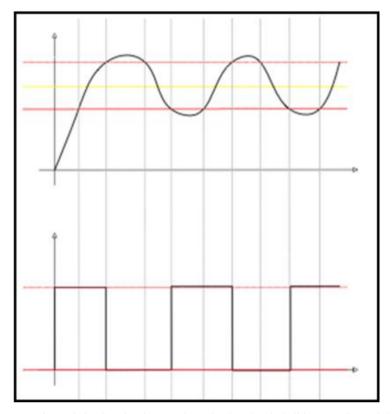


Figura 4. 27 Comportamiento de las Señales de Entrada Vs las Señales de Salida en un Control de Banda Muerta.

4.4.1 Sistema de comprobación del control de Banda Muerta.

Para comprobar el funcionamiento del control se elaboró un programa en LabVIEW como el mostrado en la figura 4.28 encargado generar una señal de tipo triangular que simula en esta caso la señal de temperatura y que será adquirida por el microcontrolador. En la figura 4.29 se muestra la señal generada por el DAQ en color verde que oscila entre o y 50°C, la temperatura a controlar es de 25°C lo que quiere decir que el rango del control esta entre 23°C y 27°C, representado por las líneas entre cortadas, y por último se adquiere la señal entregada por el microcontrolador de color azul y la cual se encuentra escalada para objetivos de análisis de la gráfica.

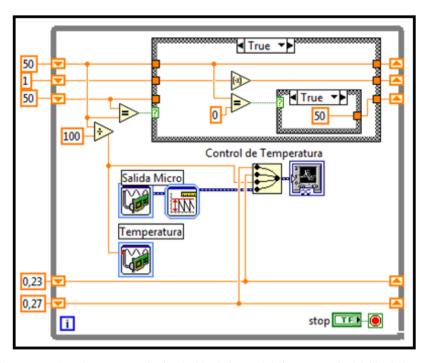


Figura 4. 28 Programa de LabVIEW para la simulación de la señal de ingreso y adquisición de la señal de salida entregada por el microcontrolador.

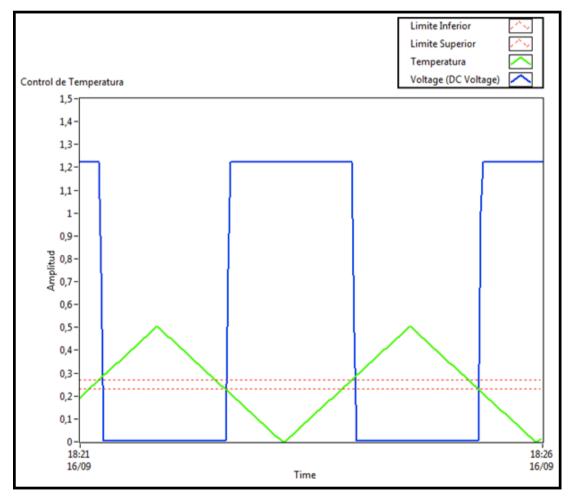


Figura 4. 29 Señal de Sensor Simulada vs Señal Entregada por el Microcontrolador.

4.5 Prueba Sistema de Monitoreo remoto.

Para realizar la prueba del monitoreo remoto, se procedió a hacer una prueba de adquisición de datos entregados por el microcontrolador para una sola área, en la figura 4.30 se muestra la pantalla frontal de programa del LabVIEW con los parámetros de temperatura humedad y el voltaje entregado por el sensor de CO₂, y el servidor se encuentra corriendo y captando los datos a ser mostraos al cliente que los solicite.

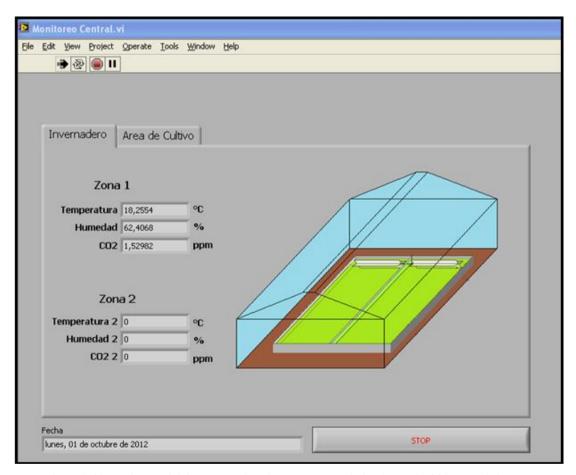


Figura 4. 30 Panel Frontal del programa de LabVIEW mostrando los datos adquiridos por el sistema.

Una vez con el programa de LabVIEW correctamente ejecutado el servidor web se pone un funcionamiento, en la figura 4.31 se muestra la captura de pantalla del explorador del mismo computador en el que se encuentra ejecutándose el programa de LabVIEW, ubica la dirección prueba para la cual se en http://localhost:5001/montoreo/Areas, al encontrarse en el mismo computador que el programa de LabVIEWview, iniciamos la dirección con localhost y se procede a direccionar el servido a través del puerto utilizado por LabVIEW, es decir el 5001, para finalizar ingresamos el resto del mapeo o ruta entregada por el servidor.



Figura 4. 31 Parámetros del sistema mostrados en el explorador web.

Para poder acceder al servidor web de LabVIEW a través de una red fuera de la red local en donde se encuentra ubicado el servidor, se debe utilizar la dirección IP asignada al router, no la dirección IP entregada por el router al computador donde se ejecuta el servidor, para obtener la dirección IP requerida, accedemos a la dirección www.myip.es el cual para este caso arroja la dirección 186.43.169.239 como se muestra en la figura 4.32 y que debe ser ingresado por el cliente que busca ingresar al servidor sustituyendo la dirección IP.

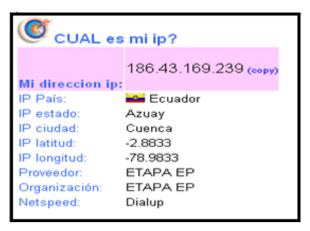


Figura 4. 32 Dirección IP entregada por el proveedor del servicio de internet.

Una vez obtenida la dirección IP entregada por el proveedor del servicio de internet, en este caso ETAPA EP, esta debe ser ingresada en el dispositivo que va a hacer de cliente y acceder al servidor web de LabVIEW, esto seguido por el puerto a través del cual el router direcciona al servidor web y del resto del mapeo. La figura 4.33 muestra la pantalla del dispositivo, en este caso móvil, el cual se encuentra utilizando la red de datos móviles del proveedor en este caso MOVISTAR para acceder al servidor, de este modo se demuestra el funcionamiento del servidor accediendo a través de una red de datos fuera de la red local.

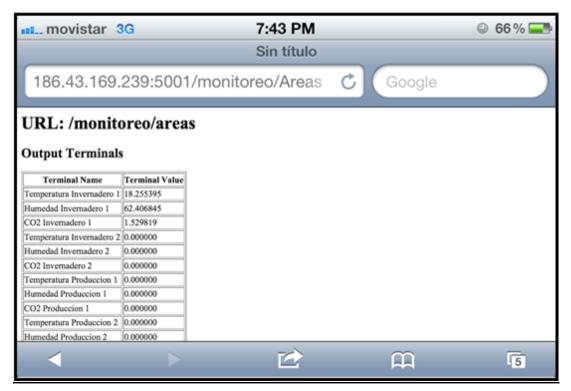


Figura 4. 33 Parámetros del sistema mostrados en un dispositivo móvil utilizando la red de datos móviles.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El objetivo de este proyecto buscó solucionar la necesidad originada en el proceso de cultivo y producción del hongo ostra, del cual no se tenía ningún tipo de estándar o referencia a nivel local o incluso nacional, lo cual provoco que dicho proceso sufra un sin número de contratiempos, más aun siendo controlado de manera artesanal. La búsqueda de recortar los tiempos de producción y mejorar la calidad del producto final generó la necesidad por parte del productor de desarrollar métodos y formas para implementar dichas mejoras evitando un incremento económico del proceso.

Una vez planteada la necesidad se planifico una solución rentable y practica a nivel de ejecución, así de este modo se plantearon los alcances de la tesis, los cuales se fueron ejecutando paulatinamente en función de las nuevas variantes que se encontraron, esto genero obviamente ciertos retrasos, debido a que en un análisis inicial, normalmente se asume un sistema ideal en muchos aspectos, siendo esto en parte ajeno a la realidad, la cual conlleva diversos imprevistos.

Una vez sorteados dichos problemas no contemplados, se concluyó exitosamente la realización del sistema sin la necesidad de cambiar o replantearse los objetivos de la tesis. Algunos ajustes fueron necesarios a nivel de procedimientos los cuales debían adaptarse a la necesidad e inclusive a el entorno, que en nuestro caso resulto ser extremadamente complicado para elementos de tipo electrónico. En el caso del sistema de monitoreo remoto vía internet, este fue desarrollado satisfactoriamente y a la espera de contar con el servicio de internet en el lugar donde se ubicará el servidor de datos.

El principal objetivo fue cumplido a cabalidad y se solucionó el problema de manera práctica y rentable, permitiendo así que este modelo pueda ser replicado no solamente para un proceso o producto específico, si no para una vasta gama de aplicaciones de diferente índole.

Se recomienda considerar siempre en el análisis previo a un proyecto de este tipo la factibilidad del mismo, no solo a nivel de ejecución si no a nivel de los recursos que se necesitan para su realización; es así que una de las mayores trabas que sufrimos en realización de la tesis fue la obtención los elementos de medición de los parámetros, es decir los sensores, los cuales no solo no existían a nivel local si no que su obtención provoco inclusive que se compruebe al proveedor y al país de origen y que el uso de estos mismos tenían un objetivo académico y no bélico.

La ejecución de una tesis, en nuestro caso teórico practica de un sistema de control requiere de la consideración no solo del aspecto técnico, por lo que recomendamos un análisis previo a profundidad de todo lo que engloba el proceso que da como resultado un producto final, esto permite que la parte técnica se pueda conjuntar de mejor manera a fin de obtener mejores resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. Optoisolators triac driver output. Datasheet. 2003
- FRANCE, Andrés. Producción de Hongos Ostra. Chillan Chile. Impresora Trama. 2000
- GRANADOS R., Edwar Otoniel. El cultivo del Hongo Ostra. Programa de apoyo al desarrollo rural en Chichicastenango. Chichicastenango. 2007
- HANWEI ELECTRONICS CO, LTD. MG811 CO₂ Sensor. Datasheet. 2010
- HONEYWELL INTERNATIONAL INC. HIH-4010/4020/4021 Series Humidity Sensors. Datasheet. U.S.A. 2007
- MICROCHIP TECHNOLOGY INC. MCP9700/9700A MCP9701/9701A Low-Power linear active thermistor ICs. Datasheet. U.S.A. 2009
- MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC18F2455/2550/4455/4550. Datasheet. U.S.A. 2006.
- INSTRUMENTS. NATIONAL USB-6008/6009 User guide and specifications. 2005
- NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. Datasheet. 2000
- PARALLAX INC. CO₂ Gas sensor module (#27929). Datasheet. 2010
- TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. SN65176B, SNB75176B Differential bus transceivers. Datasheet. 2003.
- SANDOX ELECTRONICS. SEN-000007 MG-811 CO₂ Sensor module. Datasheet. 2012

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- NATIONAL INSTRUMENTS. Configuring NI Auth for LabVIEW 2010 Web Services. [En línea]. < http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/DF41D5D A8EEB4840862577D90058C208>. [Consulta sobre configuración servicios web en LabVIEW 10 de Marzo de 2012].
- NATIONAL INSTRUMENTS. Building a Web Service (Windows). [En línea]. < http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361F01/lvhowto/build _web_service/>. [Consulta sobre implementación de servidores en windows 1 de Marzo de 2012].
- NATIONAL INSTRUMENTS. Building and Accessing a LabVIEW Web [En línea]. < http://zone.ni.com/reference/en-Service Application. XX/help/371361G-01/lvhowto/build web service/>. [Consulta sobre configuración de servicios web en LabVIEW 1 de Marzo de 2012].
- NATIONAL INSTRUMENTS. Monitoreé sus procesos de forma remota a través de internet. [En línea]. https://ni.adobeconnect.com/_a56821929/ p11576976/?launcher=false&fcsContent=true&pbMode=normal>. [Consulta sobre monitoreo remoto 10 de Marzo de 2012].