Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología.

Escuela de Ingeniería Electrónica.

SISTEMA AUTOMÁTICO PARA GRANJA AVÍCOLA DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS

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

Autor:

Christian Nicolás Cevallos Gutiérrez

Director:
Leopoldo Carlos Vázquez Rodríguez

Cuenca, Ecuador

2013

DEDICATORIA

Todo el esfuerzo y empeño puestos en este trabajo van dedicados con mucho cariño a mis padre Hermel y Melania, a mi hermano y mi novia los cuales han estado presentes, incondicionalmente brindándome su apoyo, en cada una de las metas propuestas y sin los cuales no fuese posible la culminación de este objetivo. Dedico también este trabajo a una persona muy especial en mi vida, Vitalina Gutiérrez, persona que con sus consejos ha incentivado mis ganas de superación.

Christian Cevallos Gutiérrez.

AGRADECIMIENTO:

Con este trabajo culmina una etapa más en la formación profesional y personal, una etapa en la que llegar a esta meta no ha sido fácil.

Por ello agradezco en primer lugar a Dios por darme sus bendiciones y la fuerza para seguir adelante. A mis padres por el gran esfuerzo que día a día hacen para permitirme cumplir las metas que me he propuesto, a mi hermano y mi novia que todo el tiempo han estado prestos para ayudarme y no permitir que las adversidades me detengan.

Y de manera especial agradezco a la Universidad del Azuay, institución en la cual me he formado y a todos los docentes que han compartido sus conocimientos. A mis amigos y compañeros con los cuales hemos luchado para sacar adelante esta carrera.

RESUMEN

SISTEMA AUTOMÁTICO PARA GRANJA AVÍCOLA DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS

El presente trabajo muestra un modelo de nave de producción de huevos en la modalidad de batería vertical, con un alto nivel de automatización y monitoreo remoto. Este proyecto se desarrolla con el objetivo de controlar, automatizar y supervisar parámetros que diariamente se manejan en el funcionamiento de una instalación avícola. Para la automatización de esta planta se diseña un sistema de control de temperatura, alimentación, recolección y control de fotoperiodos. Este sistema se implementa en un prototipo funcional de nave avícola, a una escala de 1:10 del real. Se elabora también el sistema de supervisión y control remoto SCADA para el proceso. La comunicación se basa en interfaces electrónicos basados en microcontroladores y módulos de adquisición de datos que enlazan el computador central y el controlador de campo. Se incluye un análisis de pruebas y resultados para los sistemas implementados dejando así un precedente para futuros trabajos a escala real.

PALABRAS CLAVES: Sistema Scada, Batería Vertical, Supervisión, Planta Avícola, Monitoreo Remoto, Fotoperiodos.

DIRECTOR DE ESCUELA
INGENIERIA ELECTRONICA
Ing. Vásquez Calero Francisco Eugenio

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO
Ing. Vázquez rodríguez Leopoldo Carlos

AUTOR
Christian Nicolás Cevallos Gutiérrez

ABSTRACT

AUTOMATIC SYSTEM FOR AN EGG PRODUCTION POULTRY FARM

This work presents a poultry house model of egg production in a vertical battery mode, with a high level of automation and remote monitoring. This project is developed with the aim to control, automate and monitor parameters that are handled in the daily operation of a poultry facility. For the automation of this plant, we design a control system for temperature, feeding, eggs collection and control of photoperiods. This system is implemented in a working prototype of poultry house, at 1:10 of the real scale. We also develop the monitoring system and SCADA remote control for the process. The communication is constructed on electronic interfaces based on micro controllers and data acquisition modules that link the central computer and the field controller. We include an analysis of evidence and results for the implemented systems, setting a precedent for future work at real scale.

Keywords: Scada system, Vertical Battery, Supervision, Poultry House, Remote Monitoring, Photoperiods.

Ing. Francisco Eugenio Vásquez Calero
THESIS DIRECTOR

Ing. Leopoldo Carlos Vázquez Rodríguez
ELECTRONICS ENGINEERING
SCHOOL DIRECTOR

Christian Nicolás Cevallos Gutiérrez
AUTHOR

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
DPTO. IDIOMAS

Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria ..... **II**

Agradecimiento: ..... **III**

Abstract. ..... **V**

Índice de Figuras ..... **v**

Indice de Figuras ..... **X**

Indice de Tablas. ..... **XIV**

Introduccion **1**

CAPITULO I: REQUERIMIENTOS FÍSICOS PARA LA CRIANZA DE AVES Y PRODUCCIÓN DE HUEVOS

1.1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS 3

1.1.1. BATERÍA VERTICAL 3
1.1.2. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN 4
1.1.3. RECOLECCIÓN DE HUEVOS 5
1.1.4. RECOLECCIÓN DE GALLINAZA 6
1.1.5. CLIMATIZACIÓN 7
1.1.6. ILUMINACIÓN 8
1.1.7. SISTEMAS SCADA 8
1.1.7.1. Requisitos Básicos de un SCADA 9
1.1.7.2. Funciones de un Scada 9
1.1.7.3. Elementos del Sistema 10

1.2. REQUERIMIENTOS PARA LA CRIANZA AVÍCOLA 11

1.2.1. TEMPERATURA 11
1.2.2. ALTAS TEMPERATURAS 13
1.2.3. REQUISITOS PARA EL SISTEMA DE VENTILACIÓN 14
1.2.3.1. Funciones del Sistema de Ventilación: 14
1.2.4. CALCULO PARA UNA VENTILACIÓN ADECUADA. 14
1.2.5. ALIMENTACIÓN 15
1.2.6. ANÁLISIS DE DISPOSITIVOS MECÁNICOS Y ELECTRÓNICOS INSTALADOS 15
1.2.6.1. Tolva 16
1.2.6.2. Ductos de Distribución de Alimento 16
1.2.6.3. Motor Eléctrico 17
1.2.7. MANEJO DE LÁMPARAS Y CALEFACTORES 18
1.2.8. MANEJO DE VENTILADORES 18
1.2.9. SISTEMA PARA CONTROL DE RECOLECCIÓN DE HUEVOS 18
1.2.10. SISTEMA PARA CONTROL DE RECOLECCIÓN DE ESTIÉRCOL. 20
1.2.11. BEBEDEROS 20

1.3. SISTEMA PARA CONTROL DE TEMPERATURA 21

1.3.1. CONTROL DE TEMPERATURA 21
1.3.2. TIPO DE VENTILACIÓN 22

1.3.2.1. Ventilación Tipo Túnel 22
1.3.2.2. Ventilación Mínima 24
1.3.2.3. Descripción de los Elementos.....24

1.4. DISEÑO DEL CONTROL DE TEMPERATURA.....26

1.4.1. CONTROL DE TEMPERATURA.....26
1.4.2. INSTRUMENTACIÓN. 26
1.4.3. DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA DE CONTROL 27

1.5. SISTEMAS DE CONTROL.....30

1.5.1. SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO 30
1.5.2. SISTEMAS DE CONTROL REALIMENTADOS.....31
1.5.3. SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO CERRADO.....31
1.5.4. CONCEPTOS Y DEFINICIONES.....32

1.6. TIPOS DE CONTROL.....33

1.6.1. EL CONTROL ON-OFF.....33
1.6.2. CONTROL PROPORCIONAL 34
1.6.3. CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO PD 35
1.6.4. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL PI 35
1.6.5. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO PID. 36

CAPITULO II: DISEÑO DE HARDWARE Y FIRMWARE PARA LOS DIFERENTES PROCESOS EN EL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

2.1. SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA.....38

2.1.1. TERMÓMETRO CON LM35DZ. 39
2.1.1.1. Sensor LM35DZ 39
2.1.1.2. Características del Sensor de Temperatura LM35DZ 39
2.1.1.3. Conversor Análogo/Digital. 40
2.1.1.4. Principios operativos de los CADs. 40
2.1.1.5. Microcontrolador PIC 16f877A. 40
2.1.1.6. Arquitectura Interna del PIC16F877A 41
2.1.1.7. Puertos Paralelos de Entrada / Salida del PIC16f877A.....43
2.1.1.7.1. Puerto A (PORTA).-El puerto A posee 6 líneas bidireccionales, los 3 registros asociados a este puerto son:.....43
2.1.1.7.2. Puerto B (PORTB) 44
2.1.1.7.3. Puerto C (PORTC).....44
2.1.1.7.4. Puertos D Y E (PORTD Y PORTE).....45
2.1.1.7.5. Registros de Control del Convertidor A/D del pic16F877A.....45
2.1.2. PROTEUS.....46
2.1.2.1. Proceso de Simulación en Proteus. 47
2.1.3. PROGRAMACIÓN EN MICROCODE STUDIO 52
2.1.4. PROGRAMACIÓN DEL PIC16F877A CON MICROCODE STUDIO 56
2.1.5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO IMPRESO EN EAGLE 5.6.0 LIGHT 61

2.2. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE HUEVOS, ESTIÉRCOL (GALLINAZA) Y SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CON TRANSPORTADORES DE BANDA. 68

2.2.1. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE HUEVOS. 68
2.2.1.1. Descripción del sistema de recolección de huevos piso por piso. 70
Sistema de Recolección de Estiércol. 70
Descripción del sistema de recolección estiércol....71
2.2.2. BANDAS TRASPORTADORAS....71
2.2.2.1. Componentes de las bandas transportadoras....72
2.2.2.2. Parámetros de una banda transportadora 73
2.2.2.3. Características técnicas para selección y diseño....74
2.2.2.4. Construcción de la Banda Transportadora....74
2.2.2.5. Selección de componentes....75
2.2.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN 77
2.2.3.1. Dispositivos de Alimentación Mecánicos y Electrónicos 78
2.2.3.2. Depósitos de Alimento. 78
2.2.3.3. Comederos....79
2.2.4. BEBEDEROS TIPO NIPPLE. 80
2.2.4.1. Descripción técnica en el manejo de nipples. 80
2.2.5. ELABORACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PCB PARA INTERFACE DE CONTROL DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE HUEVOS, GALLINAZA Y SISTEMA DE ALIMENTACIÓN. 82
2.3. CONTROL PID....84
2.3.1. CONTROL DE VELOCIDAD DEL VENTILADOR....86
2.3.2. FUNCIONAMIENTO DEL TRIAC....87
2.3.3. CIRCUITO DETECTOR DE CRUCE POR CERO. 88
2.3.4. SEÑAL PWM PARA DISPARO DE TRIAC....89
2.4. CONTADOR DE HUEVOS CON SENSORES ÓPTICOS. 94

CAPÍTULO III: SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL REMOTO

3.1. FILOSOFÍA DE LABVIEW....96
3.1.1. PRINCIPALES ELEMENTOS EN EL ENTORNO GRAFICO DE LABVIEW. 96
3.1.1.1. Panel Frontal y Diagrama de Bloques....96
3.1.1.2. Ejecución de un VI en Labview. 100
3.1.1.3. Tipos de Datos en Labview. 100
3.1.1.4. Estructuras de Control....103
3.2. SISTEMAS SCADA EN LABVIEW 106
3.2.1. LOS SISTEMAS SCADA 106
3.2.2. EL COMPUTADOR COMO SUPERVISOR 107
3.2.3. CARACTERÍSTICAS Y CONCEPTOS IMPORTANTES DE UN SISTEMA SCADA 108
3.2.4. DESARROLLANDO APLICACIONES SCADA 110
3.2.5. TECNOLOGÍAS OPC 112
3.2.6. ARQUITECTURA GENERAL Y COMPONENTES OPC....112
3.2.7. ARQUITECTURA DE UN SERVIDOR OPC 114
3.2.8. EL MODULO DE LABVIEW, DATALOGGIN AND SUPERVISORY CONTROL (DSC) 114
3.2.8.1. Servidores basados en VI....117
3.2.8.2. Carga del utilitario de configuración de servidores....117
3.2.8.3. Uso Labview DSC como un servidor OPC....118
3.2.8.4. Servidor OPC usando DSC como cliente OPC. 118

3.2.8.5. Uso de Tags para Manejo de Entradas y Salidas 119
3.2.8.6. Configuración de Archivos 119
3.2.8.7. Visualización y Control con Labview dsc 119
3.2.9. COMPONENTES DE HARDWARE 120
3.2.10. REDES LAN Y PROTOCOLO TCP/IP 122
 Redes y protocolo TCP/IP 122
 Protocolos IP 123
 Protocolos TCP 123
 Adquisición de Datos Locales y Comunicación Remota 124

3.3. PROGRAMACIÓN EN LABVIEW 125

3.3.1. LECTURA DEL PUERTO SERIAL 125
3.3.2. ESCRITURA EN EL PUERTO SERIAL 127
3.3.3. ELABORACIÓN DEL SOFTWARE PARA LA APLICACIÓN HMI/SCADA EN LABVIEW 128
3.3.3.1. Seguridad 128
3.3.3.2. Almacenando Datos (Encabezado). 133
3.3.3.3. Manejo de Alarmas para el Galpón. 133
3.3.3.4. Uso de las “Shared Variables”. 134
3.3.3.5. Monitoreo vía Web. 136

CAPITULO IV: PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS 139

4.1.1. SISTEMA DE JAULAS EN BATERÍA VERTICAL 139
4.1.2. COMEDEROS 140
4.1.3. BANDAS RECOLECTORAS DE HUEVOS Y ESTIÉRCOL 141
4.1.4. TOLVAS REPARTIDORAS DE ALIMENTO 143

4.2. EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS 144

4.2.1. SENSOR DE TEMPERATURA 144
4.2.2. CONTROL DE TOLVAS, BANDAS Y RECOLECCIÓN DE HUEVOS 145
4.2.3. CONTROL DEL MICROCLIMA DENTRO DE LA NAVE 146
4.2.4. CONTROL DE LOS PERIODOS DE LUZ 146

4.3. LABVIEW Y SISTEMA SCADA 147

4.3.1. HMI PANEL FRONTAL 147

CONCLUSIONES 154

RECOMENDACIONES 157

BIBLIOGRAFÍA 158

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. JAULAS EN BATERÍA VERTICAL PARA INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE HUEVOS 4
FIGURA 1.2 ALIMENTACIÓN EN BATERÍA VERTICAL 5
FIGURA 1.3 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE HUEVOS (BANDA LATERAL). 6
FIGURA 1.4 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE ESTIÉRCOL 7
FIGURA 1.5 SISTEMA DE VENTILACIÓN 8
FIGURA 1.6 TOLVA PARA BATERÍA VERTICAL 16
FIGURA 1.7 DUCTOS DE DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTO 17
FIGURA 1. 8 SERVOMOTOR ELÉCTRICO 17
FIGURA 1.9 RECOLECCIÓN DE HUEVOS EN BANDAS LATERALES 19
FIGURA 1. 10 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE HUEVOS VERTICAL 19
FIGURA 1.11 BANDA TRANSPORTADORA PARA MANEJO DE DESECHOS EN GALPÓN 20
FIGURA 1.12 BEBEDERO TIPO NIPPLE. 21
FIGURA 1.13 SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y CIRCULACIÓN DE AIRE. 22
FIGURA 1.14 MODELO DE NAVE CON SISTEMA DE VENTILACIÓN TIPO TÚNEL. 23
FIGURA 1.15 MODELO DE VENTILADOR PARA GALPÓN AVÍCOLA. 25
FIGURA 1. 16 CALEFACTOR ELÉCTRICO. 25
FIGURA 1.17 EXTRACTOR DE AIRE. 26
FIGURA 1. 18 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA UN SISTEMA DE CONTROL A LAZO ABIERTO 31
FIGURA 1.19 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA UN SISTEMA DE CONTROL A LAZO CERRADO. 32
FIGURA 1.20 GRAFICA MODELO DE CONTROL ON/OFF 34

FIGURA 2. 1 SENSOR DE TEMPERATURA LM35DZ 39
FIGURA 2.2 DESCRIPCIÓN DE PINES DE PIC 16F877A 41
FIGURA 2.3 ARQUITECTURA INTERNA DEL PIC16F877A. 42
FIGURA 2.4 REGISTRO (PORT A) 43
FIGURA 2.5 REGISTRO (TRIS A) 43
FIGURA 2.6 REGISTROS DE CONTROL DEL CONVERTIDOS A/D DEL PIC16F877A. 45
FIGURA 2.7 PANEL DE TRABAJO EN PROTEUS. 47
FIGURA 2.8 VENTANA EMERGENTE PICK DEVICES EN PROTEUS. 48
FIGURA 2.9 BÚSQUEDA DE COMPONENTES EN PROTEUS. 49
FIGURA 2.10 MONTAJE DE ELEMENTOS. 50
FIGURA 2.11 MODIFICACIÓN DE PROPIEDADES DE ELEMENTOS 50

FIGURA 2.12 DIAGRAMA DE SIMULACIÓN EN PROTEUS. 51
FIGURA 2.13 GRAFICAS DE TEMPERATURA SIMULADAS EN PROTEUS.....52
FIGURA 2.14 PARTES IMPORTANTES DEL ENTORNO DE MICROCODE STUDIO.....53
FIGURA 2.15 MUESTRA LA IDENTIFICACIÓN DE ERROR EN MICROCODE.....56
FIGURA 2.16. PROGRAMA CONTROL DE TEMPERATURA. 58
FIGURA 2. 17. IC PROG1.06A GRABACIÓN DEL PROGRAMA EN EL PIC 16F877A. 59
FIGURA 2.18. IC PROG1.06A APERTURA Y CARGA DE UN PROGRAMA.....60
FIGURA 2.19. CREACIÓN DE UN PROYECTO EN EAGLE 5.6.0, PANEL PRINCIPAL. 61
FIGURA 2.20. CREACIÓN DEL ESQUEMA DEL CIRCUITO IMPRESO EN EAGLE 5.6.0.....62
FIGURA 2.21 SELECCIÓN DE LIBRERÍAS PARA ELABORACIÓN DEL CIRCUITO ESQUEMÁTICO EN EAGLE5.6.0. 63
FIGURA 2.22 SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL CIRCUITO ESQUEMÁTICO EN EAGLE 5.6.0.....64
FIGURA 2.23 CIRCUITO ESQUEMÁTICO PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA.....65
FIGURA 2.24 UBICACIÓN DE COMPONENTES PARA EL DISEÑO DE LA PLACA 66
FIGURA 2.25 PLACA TERMINADA PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA.....67
FIGURA 2.26 CIRCUITO DE INTERFACE PARA EL SENSOR DE TEMPERATURA 68
FIGURA 2.27 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE HUEVOS PISO POR PISO.....69
FIGURA 2.28 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE GALLINAZA EN BANDAS. 71
FIGURA 2.29 DISEÑO DE BANDA PARA TRANSPORTE DE HUEVOS. 75
FIGURA 2.30 ESTRUCTURA DE UN SERVOMOTOR.....76
FIGURA 2.31 INDICA UN CONJUNTO CON RODILLOS. 77
FIGURA 2.32 TRANSPORTADOR DE BANDA, CON SUS RESPECTIVOS ELEMENTOS. 77
FIGURA 2.33 DEPÓSITOS DE ALIMENTO.....79
FIGURA 2.34 COMEDEROS EN BATERÍA VERTICAL. 80
FIGURA 2.35 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA GALLINAS PONEDORAS CON BEBEDEROS DE NIPPLE.....82
FIGURA 2.36 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL INTERFACE DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE HUEVOS Y GALLINAZA 83
FIGURA 2.37 BOARD DEL INTERFACE DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE HUEVOS Y GALLINAZA. 84
FIGURA 2.38 DIAGRAMA DE GENERACIÓN DE PWM Y ÁNGULO DE DISPARO.....86
FIGURA 2.39 ESQUEMA DEL ELEMENTO TRIAC.....87
FIGURA 2.40. CONTROL DE VOLTAJE PARA UNA CARGA DE CA CON TRIAC. 88
FIGURA 2.41 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL MANDO DE UN MOTOR DE AC CON PWM. 88

FIGURA 2.42 CIRCUITO DE CONTROL CON CRUCE POR CERO CON MICROCONTROLADOR 89
FIGURA 2.43 MÓDULO PWM DEL MICROCONTROLADOR 90
FIGURA 2.44 SEÑAL DE PWM A PARA CONTROL DE VENTILADORES Y EXTRACTORES. .91
FIGURA 2.45 SIMULACIÓN PARA EL SISTEMA DE CONTROL PID DE TEMPERATURA. 92
FIGURA 2.46 CIRCUITO ESQUEMÁTICO PARA EL SISTEMA DE CONTROL PID PARA TEMPERATURA. 93
FIGURA 2 47 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN EMISOR Y RECEPTOR INFRARROJOS.....94

Figura 3.1 Panel Frontal de un Control de Temperatura PID y sus Controles e Indicadores. 97
FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PID.....98
FIGURA 3.3 PRINCIPALES CONTROLES EN LABVIEW. 99
FIGURA 3.4 PRINCIPALES INDICADORES EN LABVIEW 99
FIGURA 3.5 BARRA DE HERRAMIENTAS EN LABVIEW.....100
FIGURA 3.6 BOTONES UTILIZADOS PARA LA EJECUCIÓN DE UN VI. 100
FIGURA 3.7 CONTROLES E INDICADORES BOOLEANOS EN LABVIEW. 101
FIGURA 3.8 REPRESENTACIONES PARA TIPO DE DATO NUMÉRICO EN LABVIEW.....102
FIGURA 3.9 DATOS ALFANUMÉRICOS EN EL PANEL FRONTAL Y DIAGRAMA DE BLOQUES 102
FIGURA 3.10 VENTANA DE ESTRUCTURA FOR LOOP EN LABVIEW.....104
FIGURA 3.11 VENTANA DE ESTRUCTURA WHILE LOOP EN LABVIEW.....104
FIGURA 3.12 VENTANA DE LA ESTRUCTURA CASE STRUCTURE EN LABVIEW. 105
FIGURA 3.13 VENTANAS DE UNA ESTRUCTURA SECUENCIAL EN LABVIEW.....105
FIGURA 3.14 VENTANA DE LA ESTRUCTURA EVENT STRUCTURE EN LABVIEW. 106
FIGURA 3.15 COMPONENTES DE UN SISTEMA SCADA.....107
FIGURA 3.16 APLICACIÓN SCADA, PARA LLENADO DE TANQUES DE COMBUSTIBLE.....111
FIGURA 3.17 VENTANA DE PROPIEDADES DE VARIABLE COMPARTIDA. 111
FIGURA 3.18 ARQUITECTURA INTERNA Y COMPONENTES OPC.....112
FIGURA 3.19 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SERVIDOR OPC 114
FIGURA 3.20 PALETA DE CONTROL DEL MÓDULO DSC EN LABVIEW.....116
FIGURA 3.21 PALETA DE FUNCIONES DEL MÓDULO DSC DE LABVIEW.....117
FIGURA 3.22 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA SCADA A NIVEL DE HARDWARE. 120
FIGURA 3. 23 COMUNICACIÓN UTILIZADA POR EL SCADA. 124
FIGURA 3. 24 PALETA DE FUNCIONES DE VISA 125

FIGURA 3. 25 VISA READ.....126
FIGURA 3. 26 LECTURA DEL PUERTO SERIAL CON UNA SESIÓN VISA DE LABVIEW 127
FIGURA 3. 27 ESCRITURA DEL PUERTO SERIAL CON UNA SESIÓN VISA EN LABVIEW ..128
FIGURA 3. 28 VENTANA DE ADMINISTRADOR DE CUENTAS DE DOMINIO. 129
FIGURA 3.29 DOMINIO Y LISTADO DE USUARIOS. 129
FIGURA 3.30 CREACIÓN DE LOS DIFERENTES NIVELES DE SEGURIDAD. 130
FIGURA 3.31 ESTABLECIENDO LOS NIVELES DE SEGURIDAD DE UN CONTROL. 131
FIGURA 3.32 PANTALLA DE REGISTRO DE USUARIO Y CONTRASEÑA 132
FIGURA 3.33 PANTALLA PRINCIPAL DEL HMI.....132
FIGURA 3.34 (A) Y (B) PANTALLAS DEL VI DE GENERACIÓN DE ENCABEZADO 133
FIGURA 3.35 PANTALLA DE ALARMAS.....134
FIGURA 3.36 VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE VARIABLES COMPARTIDAS. 135
FIGURA 3.37 BASE DE DATOS EN CITADEL 136
FIGURA 3.38 VENTANA DE ACTIVACIÓN DEL SERVIDOR WEB DE LABVIEW. 137
FIGURA 3.39 VENTANA DEL PUBLICADOR WEB DE LABVIEW SELECCIÓN DE VI.....138
FIGURA 3.40 VENTANA DEL PUBLICADOR WEB DE LABVIEW ADICIÓN DE TEXTOS. 138

FIGURA 4.1 JAULAS EN BATERÍA VERTICAL DE TRES PISOS Y DOS JAULAS POR PISO .140
FIGURA 4.2 COMEDEROS PARA JAULAS EN BATERÍA VERTICAL. 141
FIGURA 4.3 BANDAS RECOLECTORAS DE ALIMENTO Y ESTIÉRCOL. 142
FIGURA 4.4 BANDAS RECOLECTORAS DE ALIMENTO Y ESTIÉRCOL. 143
FIGURA 4. 5 TOLVAS REPARTIDORAS DE ALIMENTO 144
FIGURA 4.6 VENTANA DE CONTROL Y VERIFICACIÓN DE USUARIO. 147
FIGURA 4.7 PANEL DE INICIO DEL HMI.....148
FIGURA 4.8 VENTANA DEL MODO MANUAL Y LOS CONTROLES QUE EN ESTA SE HALLAN. 149
FIGURA 4.9 VENTANA PARA EL MODO AUTOMÁTICO.....150
FIGURA 4.10 VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE PROCESOS. 151
FIGURA 4.11 VENTANA DE CAVES Y PERMISOS.....151
FIGURA 4.12 VENTANA DE ADMINISTRACIÓN DE USUARIOS. 152
FIGURA 4.13 ESQUEMA DEL PROYECTO HMI EN LABVIEW. 153

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1.1 TEMPERATURA RECOMENDADA PARA LAS PRIMERAS SEMANAS.....12
TABLA 1.2 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS AVES...13
TABLA 1.3 MODOS DE OPERACIÓN PARA CONTROL DE TEMPERATURA.....27
TABLA 1.4 DATOS PARA UN EJEMPLO DE CÁLCULO DEL CAUDAL DEL EXTRACTOR. 28
Tabla 2.1 Datos Técnicos del Sensor LM35DZ……..39
TABLA 2.2 PRINCIPALES ERRORES EN MICROCODE STUDIO. 55
TABLA 2.3 CAUDAL PARA BEBEDEROS TIPO NIPPLE.....81
Tabla 4.1 Mediciones Realizadas con el Termómetro Diseñado con Sensores de Temperatura LM35DZ…….…… .145

Christian Nicolás Cevallos Gutiérrez
Ing. Vázquez Rodríguez. Leopoldo Carlos
Octubre del 2013

SISTEMA AUTOMATICO PARA GRANJA AVICOLA DE PRODUCCION DE HUEVOS

INTRODUCCION

En la actualidad la industria avícola en el Ecuador necesita expandirse hacia un ambiente automatizado con aplicaciones de monitoreo y control que sean amigables pero económicas. Aparece entonces la necesidad de implementar aplicaciones de software y hardware potentes, sencillos y de gran utilidad para la industria, sobre todo en materia de control y gestión.

Dentro de un proceso de producción avícola, también se hace necesaria la implementación de una interface que potencie las características del sistema reduciendo costos y tiempos de ejecución; dichas interfaces tiene como finalidad actuar directa o indirectamente sobre los diferentes procesos e indicar cómo está trabajando la planta en el momento en que se necesite. Así se desarrollan las llamadas interface Hombre Máquina o simplemente HMI. Dichas interfaces deben ser capaces de iniciar, detener, cambiar valores de setpoints, etc. A este sistema se le conoce como SCADA. Al momento de realizar el diseño de un sistema HMI/SCADA para esta aplicación ha optado por trabajar con el software Labview, que es un software de alto nivel, líder en medición y automatización basada en PC y que permite, gracias a su entorno de programación gráfico, desarrollar proyectos de gran calidad y alto rendimiento. Labview permite integrar módulos adicionales como Labview DSC para crear aplicaciones HMI/SCADA, permitiendo así integrar todo dentro de un solo paquete de software con un mismo lenguaje de programación.

Lo que se plantea realizar en esta presente tesis monográfica es el diseño de un sistema HMI/SCADA para un prototipo genérico de galpón avícola para la producción de huevos con una variedad de aplicaciones para esta industria utilizando el software Labview de National Instruments Corporation. En este caso, la idea principal es construir un prototipo funcional que simule el proceso antes

mencionado, el mismo que contará sistemas de recolección de huevos y gallinaza, alimentación, suministro de agua, control de luz y control de temperatura. En los capítulos 1, 2 y 3 se detallan aspectos técnicos para las cría de aves y producción de huevos, diseño y construcción de las interfaces de control y conceptos teórico prácticos sobre sistemas HMI/SCADA y su desarrollo en Labview, mientras en el capítulo 4 se hace referencia al aspecto funcional del prototipo y los procesos que intervienen en el.

CAPITULO I

REQUERIMIENTOS FÍSICOS PARA LA CRIANZA DE AVES Y PRODUCCIÓN DE HUEVOS

Introducción

El Capítulo I presenta la descripción de algunos procesos, que para la producción de huevos en sistemas automatizados en batería vertical, son de suma importancia. En este capítulo se busca recopila teorías, técnicas y conceptos básicos para la crianza de aves y su aplicación en los sistemas de baterías verticales, se analizan todos y cada uno de los requerimientos técnicos y tecnológicos, que con su aplicación, permitan alcanzar el un óptimo grado de automatización que facilite las practicas avícolas y asegure el crecimiento de esta industria.

1.1. Definiciones Y Conceptos Básicos

1.1.1. Batería Vertical

La crianza de aves en batería es un concepto relativamente nuevo que por sus características brinda comodidad, economía, facilidad de manejo y lo principal eficiencia en el manejo de espacios de cría y producción. El conjunto de jaulas en batería vertical, para instalaciones avícolas, consta de un grupo de jaulas colocadas en forma vertical dotadas de un comedero, bebedero, depósito de huevos y depósito de gallinaza para cada piso. El número de jaulas para estos sistemas, así como el número de pisos, depende estrictamente de las dimensiones del galpón y del número de animales que se albergaran en el mismo.

El material utilizado para la fabricación de estas jaulas varía en función de algunos factores como son: la economía del productor, técnicas de crianza, requerimientos sanitarios. En base a esto los materiales más usados en esta industria son metales, plásticos o la combinación de estos. En la figura 1.1 se muestra un modelo de jaula en batería vertical en una instalación avícola.

Figura 1.1. Jaulas en Batería Vertical para Instalaciones de Producción de Huevos
Fuente: Zucami Poultry Equipament (2010). Jaulas para Ponedoras.
Disponible en: [http://www.zucami.com/es/products/battery/mec].

1.1.2. Sistema de Alimentación

El sistema de alimentación, para jaulas en batería vertical, se compone principalmente de un comedero por cada piso y un sistema de surtidores de alimento conectados a tolvas contenedoras donde se almacena el mismo. Para su manejo es necesario un control que permite comandar el movimiento de los surtidores de alimento y tolva contenedora, que deposita el alimento para cada piso de la batería; este control permite suministrar el alimento en las dosis exactas y en los tiempos establecidos previo un estudio para determinar los requerimientos nutricionales de los animales. En la figura 1.2 se muestra un sistema de alimentación para batería vertical con brazos repartidores de alimento y una tolva.

Figura 1.2 Alimentación en batería vertical
Fuente: Zucami Poultry Equipament. Sistema de Alimentación.
[Disponible en: http://www.zucami.com/es/food]

1.1.3. Recolección de Huevos

La recolección de huevos es un proceso en el cual se debe tener en cuenta aspectos técnicos y sanitarios ya que al tratarse de un producto de consumo masivo, cualquier agente contaminante en este puede traer graves consecuencias. La recolección de huevos, para el sistema en batería vertical, consiste en la recolección de estos mediante el movimiento de bandas transportadoras colocadas a un costado de las jaulas en cada piso. Estas se activan una o varias veces al día llevando los huevos hacia una bandeja para su posterior manufactura. En la figura 1.3 se muestra un sistema de recolección de huevos en banda lateral a las jaulas, en la cual se puede observar la banda trasportadora que recoge los huevos de todas las jaulas

Figura 1.3 Sistema de Recolección de Huevos (banda lateral).
Fuente: Zucami Poultry Equipament. Sistema de Recolección de Huevos.
[Disponible en: http://www.zucami.com/es/disposal]

1.1.4. Recolección de Gallinaza

El proceso de recolección de estiércol, dentro de la nave, es una etapa de suma importancia ya que contribuye a la reducción de enfermedades y evita las altas concentración de amoniaco y otros gases; por tanto el aumento de la temperatura dentro de la nave. Es por ello que se pretende diseñar un sistema de recolección de gallinaza que sea activado conjuntamente con el sistema de recolección de huevos, por lo menos dos veces al día. Este sistema consta de bandas transportadoras que recogen los desechos de cada nivel y los llevan hasta un depósito para su procesamiento. Para el prototipo a desarrollarse se plantea un sistema de tres bandas que permitirán la recolección de gallinaza y su almacenamiento en un depósito colocado a nivel del piso. Para instalaciones avícolas a gran escala lo óptimo sería que este sistema esté conectado a una banda subterránea la cual permita el desalojo del estiércol hacia contenedores de gran tamaño. La figura 1.4 muestra un modelo de bandas recolectoras de estiércol en una instalación avícola.

Figura 1.4 Sistema de Recolección de Estiércol
Fuente: Zucami Poultry Equipament. Sistema de Recolección de Gallinaza.
[Disponible en: http://www.zucami.com/es/collection]

1.1.5. Climatización

Uno de los factores determinantes en la producción y crianza de aves, es la temperatura a la cual los animales deben permanecer dentro de la nave, es así que la incorrecta regulación de temperatura puede ocasionar falta de apetito, consumo excesivo de agua y hasta la muerte de las aves. Con esta necesidad tan grande se propone un sistema que permita un control exhaustivo de temperatura, evitando así cualquier problema relacionado a este factor, se ha optado por un sistema de ventiladores, extractores, calefactores y de ser necesario un grupo de ventanas según la necesidad.

En caso de existir bajas temperaturas la tarea de calentar el ambiente dentro de la nave se realizara por medio de calefactores eléctricos diseñados especialmente para esta tarea. Si la temperatura está por encima del límite establecido los ventiladores y extractores se activan, permitiendo así la regulación y restablecimiento inmediato de la temperatura del galpón. A continuación se muestra, en las figuras 1.5 algunos modelos de ventilación y persianas con sus respectivas lámparas calefactoras.

Figura 1.5 Sistema de Ventilación
Fuente: Zucami Poultry Equipament. Sistema de Recolección de Gallinaza.
Disponible en: [http://www.zucami.com/es/ventilation].

1.1.6. Iluminación

Las gallinas y los pollos son activos durante el día; por lo tanto solamente durante los periodos de luz comen, se emparejan e interaccionan con el grupo. La luz y más concretamente el tiempo de duración de esta, denominado fotoperiodo, condiciona su reproducción. Es por esto que un fotoperiodo creciente o la prolongación de la duración del periodo de luz, estimula su reproducción y la puesta de huevos. La cantidad de luz influye directamente en el comportamiento de las aves, incrementando los niveles de estrés y con ello la agresividad conjuntamente con la disminución de la producción de huevos.

1.1.7. Sistemas Scada

“Los sistemas SCADA, (Supervisory Control And Data Adquisición) son a aplicaciones de software, construidas y diseñadas con el fin de controlar y supervisar procesos a distancia. Estos sistemas facilitan al usuario la recolección de información de una o más instalaciones que entre si se hallen distantes y permiten enviar órdenes a estas instalaciones. Además, permiten envían la información generada en los procesos productivos a todos los usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros niveles dentro de la empresa, es decir, que permite la

participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento"[1].

Un sistema está compuesto por varias unidades denominadas controles locales, geográficamente distribuidas, recogiendo medidas y enviando órdenes a los dispositivos de campo, estas se encuentran conectadas a una o varias estaciones de supervisión remotas por medio de un sistema de comunicaciones. La estación de supervisión remota presenta la información adquirida en pantallas y permite al operador realizar tareas de control a distancia.

1.1.7.1. Requisitos Básicos de un SCADA

- Tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión así como tener capacidad de adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta.
- La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso.
- Deben permitir la adquisición de datos de todo tipo de equipos, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.

1.1.7.2. Funciones de un Scada

- **Supervisión remota:** Permite al operador conocer el estado de los distintos dispositivos que componen la instalación.

- **Control remoto:** Mediante el sistema se pueden enviar órdenes a los controles locales para activar o desactivar los equipos remotamente; por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, etc., de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.

[1] OTIN, A. (2007). *Scadad Basado en Labview para el Laboratorio de ICAI.* Madrid : Tesis de Ingenieria .

- **Visualización:** El sistema es capaz de ofrecer imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dando al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. También pueden mostrar gráficos de las señales registradas en el tiempo.

- **Señales de alarma:** A través de las señales de alarma se logra alertar al operador cuando tiene lugar una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras y se pueden realizar registros de incidencias.

- **Transmisión de la Información:** No existe un estándar para la estructura de los mensajes, cada fabricante de equipos para sistemas SCADA emplea diferentes protocolos de comunicación y sin embargo existen estándares internacionales que regulan el diseño de las interfaces de comunicación entre los equipos del sistema SCADA y equipos de transmisión de datos. Se puede definir como protocolo de comunicación al conjunto de reglas y procedimientos que permite a las unidades remotas y central, el intercambio de información.

1.1.7.3. Elementos del Sistema[2]

- **Interfaz Hombre-Máquina:** Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados. En el caso de un sistema SCADA la interfaz debe ofrecer al operador una recreación de lo que ocurre en la planta.

- **Supervisión Remota**: Se encarga de recibir los datos de la planta y enviar órdenes a la misma. También se encarga del almacenamiento y procesado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

- **Control Local:** Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la aplicación de supervisión remota. Ejecuta las acciones del mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.

---

[2] OTIN, A. (2007). Scadad Basado en Labview para el Laboratorio de ICAI. Madrid : Tesis de Ingenieria .

- **Sistema de Comunicaciones:** Se encarga de la transferencia de información desde el punto donde se realizan las operaciones hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.

1.2. Requerimientos para la Crianza Avícola

Para un adecuado desempeño, en una instalación avícola, es esencial que el ambiente del recinto cumpla los requerimientos de las aves. A las aves se les debe proporcionar: espacio, alimentación, Iluminación, ventilación y manejo adecuado de desechos, para de esta manera alcanzar el máximo de rentabilidad.

1.2.1. Temperatura

En un momento dado, la temperatura al interior del recinto determina el nivel de utilidades en una instalación avícola. Así entre 10 a 20° C se encuentra la zona de neutralidad térmica de las aves, a menos de 10° C, las aves comen más y requieren mayores niveles de energía para mantener la temperatura del organismo; a más de 20° C, disminuye la necesidad de utilizar la energía del organismo, y con una temperatura superior a 30° C, las aves son cada vez más incapaces de afrontar la situación de baja humedad y ocurre evaporación, lo cual produce un efecto refrescante en las aves.

Las temperaturas que se recomienda son las encontradas en la tabla 1.1 y cabe recalcar que estas temperaturas son para las 5 primeras semanas de vida de los animales; semanas en las cuales tienden a ser muy sensibles a las variaciones térmicas que posteriormente pueden desencadenar un cuadro de enfermedades pulmonares.

PERIODO	°C
Dos primeros días	33
Resto de la semana	30
2° semana	29
3° semana	26
4° semana	24
5° semana	21

Tabla 1.1 Temperatura Recomendada para las Primeras Semanas

En general cuanto más se separen las temperaturas de crianza de las aquí recomendadas más lento será el crecimiento, peor emplume y menor eficiencia del alimento. Por cada grado de aumento de temperatura de la nave superior a los 25° C, el consumo de alimento disminuye en 1 hasta 1.5 %. Las altas temperaturas superiores a los 32° C provocan estados de tensión en las aves, reducen la productividad e incluso provocan la muerte, lo cual depende de lo siguiente:

- Densidad de población
- Condiciones de ventilación de la nave
- Disponibilidad del agua de bebida

Cuando aumenta la temperatura ambiente de 22 a 34° C en los galpones ocurre:

- Pérdida de 18 a 20 % de peso corporal
- Se reduce el consumo de alimento de 10 a 20 %
- Empeora la conversión alimenticia en 0,1
- Aumentan de 20 a 25 % los pollos de segunda

Para reducir la temperatura de los galpones y evitar sus efectos en las aves se recomienda lo siguiente:

- Construir la nave bien orientada para que los rayos solares no penetren por las ventanas.
- Pintar de color blanco los techos de las naves, lo que ayuda a dar mayor luminosidad.
- Adaptar ventiladores o abanicos en el centro de la nave.

1.2.2. Altas Temperaturas

Las gallinas son animales de sangre caliente, es decir, con capacidad para mantener su temperatura interna con bastante uniformidad (38ºC). Sin embargo, esta capacidad solo es eficiente, siempre y cuando la temperatura ambiente se mantenga dentro de unos límites, ya que son incapaces de adaptarse a temperaturas muy extremas. Uno de los problemas más frecuentes en épocas calurosas en las explotaciones avícolas son las altas temperaturas que se alcanzan en el interior de la nave. Esto provoca un verdadero estrés en los animales, por su incapacidad de adaptación a esta nueva situación, causando en muchas ocasiones la muerte de los animales por asfixia o golpe de calor. En la tabla 1.2 se detallan algunos efectos producidos por calor, en las aves.

TEMPERATURA	EFECTO EN LA AVES
32 – 35 ºC	El consumo de alimento continúa disminuyendo. Postración de las aves, especialmente de las pesadas y más productivas.
35 – 38 ºC	La postración de las aves es más frecuente. Se hace necesario tomar medidas radicales de lucha contra el calor. El consumo de alimento puede verse reducido hasta la cuarta parte. El consumo de agua es muy elevado
Más de 39 ºC	El porcentaje de mortalidad puede ser muy elevado si no se toman medidas drásticas para enfriar a los animales.

Tabla 1.2 Influencia de la Temperatura en el Comportamiento de las Aves.

Por lo tanto, dadas las repercusiones que pueden tener las altas temperatura en las explotaciones avícolas, se hace necesario desarrollar una serie de medidas preventivas y adoptar una serie de soluciones cuando la presencia del estrés térmico sea evidente.

1.2.3. Requisitos para el Sistema de Ventilación

La ventilación puede ser el factor más relevante en el manejo de una instalación avícola pues requiere de atención constante y un manejo preciso. La ventilación permite la regulación de temperatura, humedad relativa, y calidad del aire. Sin un sistema de ventilación adecuado la conversión alimenticia, la ganancia de peso y la salud se deterioran, aumentando las perdidas, sean estas por muerte o por improductividad. Una ventilación deficiente requiere un cambio en la densidad de alojamiento es decir que el número de animales alojados dentro de la nave tiene relación directa con la calidad y precisión del sistema de ventilación; un sistema óptimo permite alojar mayor número de animales, sin que los parámetros térmicos en el galpón se alteren y con ello la producción se vea afectada.

1.2.3.1. Funciones del Sistema de Ventilación:

- Suministrar aire fresco a todas horas a través del intercambio para llenar las necesidades de oxigeno de las aves.
- Distribuir aire fresco uniformemente sin causar corrientes de aire a las aves.
- Regular la temperatura en forma efectiva.
- Remover olores y gases.

La calidad de aire se evalúa sobre la base del volumen de aire, amoniaco, monóxido, dióxido de carbono, cuando están en exceso los contaminantes deterioran el tracto respiratorio y disminuyen la eficiencia de la respiración, lo que resulta en un desempeño disminuido. La exposición continua a la mala calidad de aire puede inducir ascitis y enfermedades respiratorias crónicas. Como los pollitos son más susceptibles a lo relacionado con la calidad del aire de lo que lo son los de mayor edad, los niveles de amoniaco que producen un valor limitado en un lote de siete semanas de edad reducirán en un 20% la ganancia de peso en los pollitos de siete días de edad.

1.2.4. Calculo para una Ventilación Adecuada.

Las aves no simplemente tienen que estar en un ambiente con aire controlado en su temperatura sino que deben tener un flujo de aire permanente que permita satisfacer las necesidades de respiración, este flujo de aire es la ventilación mínima. Las aves necesitan mayor cantidad de ventilación mínima de acuerdo a su peso, la ventilación mínima se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Vmin} = \frac{0{,}702\,\frac{\text{m}^3}{\text{Hora}}}{\text{Kg}^{0{,}75}} \qquad (Ec.\,1.1)$$

1.2.5. Alimentación

En la mayoría de los casos el efecto inmediato del estrés por calor es una notable reducción en el consumo de alimento. Para luchar contra esta disminución se utilizan diversas técnicas de manejo: aumentar la frecuencia de funcionamiento de los comederos automáticos, remover de vez en cuando las tolvas, administrar alimento granulado, uso de programas de luz continuos o la utilización de raciones de alta densidad nutritiva. Ahora, se debe tener presente que las aves sometidas a un ambiente con elevadas temperaturas, reaccionan produciendo menos calor; por lo tanto, todas las medidas encaminadas a contrarrestar esta respuesta fisiológica, pueden, ser contraproducentes, ya que aumentan la producción de calor, especialmente en aquellos momentos de mayor estrés térmico.

Si aumentamos el consumo de alimentos de un ave durante el periodo de estrés térmico, sin un aumento proporcional de su capacidad para disipar calor, estamos aumentando la probabilidad de una muerte por asfixia o golpe de calor. Las gallinas tienden a consumir menos alimento en días cálidos que en fríos, siempre y cuando se les administre la misma fórmula alimenticia. Por ello, se deben proporcionar diferentes raciones alimenticias para verano e invierno, ya que el ave consume alimento para satisfacer necesidades energéticas; con alimento alto en energía durante el verano, las aves consumirán menos alimento y, lógicamente, menos cantidad de otros nutrientes

1.2.6. Análisis de Dispositivos Mecánicos y Electrónicos Instalados

El sistema a instalarse en el galpón es un sistema automatizado que permite suministrar el alimento en dosis controladas y en periodos exactos, dependiendo solamente del plan de alimentación a seguir, sin embargo, el sistema de recarga de la tolva se lo realiza en forma manual.

1.2.6.1. Tolva

Se encuentra ubicada en la parte superior de la batería, a un extremo de la línea y tiene la función de almacenar una cantidad de alimento, su recarga es manual, es decir que el operador tendrá que cargar el balanceado en ella, lo cual disminuye el tiempo de trabajo productivo y aumenta el riesgo de enfermedades debido a la constante presencia del operador dentro del galpón. Para el caso del galpón se muestra en la figura 1.6 un modelo de tolva para batería vertical con gran capacidad de almacenamiento.

Figura 1.6 Tolva para Batería Vertical
Fuente: HEYLEN. Sistema de Alimentación en Cadena.
[Disponible en: http://www.farmingmachine.es/4-3-auto-chain-feeding-system.html].

1.2.6.2. Ductos de Distribución de Alimento

Como se aprecia en la figura 1.7. La línea de trasporte es la encargada de distribuir el alimento, posee un diseño simple de acero galvanizado, conectado a cada una de las bandejas de alimentación, permitiendo la repartición de alimento, desde la tolva a los animales, haciendo de esta manera que el balanceado recorra y se distribuya a lo largo de los comederos.

Figura 1.7 Ductos de Distribución de Alimento
Fuente: Zucami Poultry Equipament. Sistema de Recolección de Gallinaza.
[Disponible en: http://www.zucami.com/es/ventilation].

1.2.6.3. Motor Eléctrico

Es la fuente de energía del sistema, se encarga mover la tolva y los brazos repartidores a lo largo de la línea de transporte y esta a su vez moviliza el alimento; el proceso se inicia con una señal enviada desde un sensor hasta un controlador, previamente programado y calibrado, para detener o arrancar al motor cada cierto tiempo. En la figura 1.8 se muestra un motor, que sería parte del sistema que permite mover la tolva.

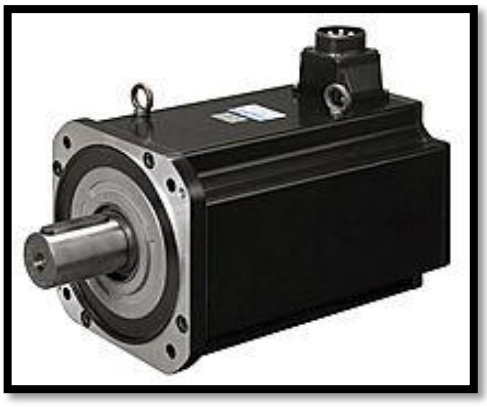


Figura 1. 8 Servomotor Eléctrico
Fuente: Fuente: SANYO DENKI EUROPE. Servomotor Eléctrico.
[Disponible en: http://www.directindustry.es/prod/sanyo-denki-europe/servomotores-electricos-ac-8104-490238.html].

1.2.7. Manejo de Lámparas y Calefactores

Las temperaturas que se manejan para la crianza de las aves son medianamente elevadas y no es posible conseguirlas únicamente con el calor ambiental propio de la región más aun en la noche, entonces el control debe permitir el aumento de la misma mediante sistemas calefactores, esta acción se ejecutará cuando la temperatura medida en el galpón sea menor al valor mínimo admisible. Una vez que se han encendido los calefactores, se mantendrán en ese estado hasta que la temperatura medida alcance la su valor máximo admitido, entonces se apagarán. El flujo de aire es muy útil para incrementar y disminuir la temperatura de manera rápida, es decir, hacer más dinámico el proceso y con esto poder realizar un control más efectivo independiente de la temperatura ambiental. Las lámparas permiten un sistema de iluminación, al interior de la nave, que satisfaga las necesidades lumínicas de acuerdo con los planes establecidos para los diferentes fotoperiodos.

Para este fin el control permitirá la activación de las lámparas durante periodos en los cuales la iluminación natural en la nave sea insuficiente; por ejemplo en días nublados donde faltase iluminación dentro del galpón, el sistema de control de luz detecta esta falta de iluminación y activa un sistema de luz artificial dentro de los periodos previamente establecidos.

1.2.8. Manejo de Ventiladores

En el último período, el controlador deberá activar la ventilación, en caso de que esto sea necesario, para esto envía la señal a los ventiladores y extractores para que ocurra el encendido secuencial. Los ventiladores son accionados cuando la temperatura medida del galpón es mayor a la temperatura máxima en ese rango y se mantendrán en ese estado hasta que la temperatura medida del galpón llegue a la temperatura mínima, entonces se apagarán.

1.2.9. Sistema para Control de Recolección de Huevos

La recolección de huevos requiere de un proceso cuidadoso y extenuante, debido a la cantidad de animales que se pueden tener en un solo galpón. Un sistema de recolección automático se ve como una opción bastante accesible y es por esto que se plantea la siguiente posibilidad. Dada la disposición física de las jaulas contenedoras se plantea un tipo de jaula que permita que el ave deposite los

huevos y estos se desplacen hasta una cinta transportadora como se muestra en la figura 1.9

Figura 1.9 Recolección de Huevos en Bandas Laterales
Fuente: VALLI S.P.A. Recolección de Huevos
Disponible en: [http://www.valliitaly.com/lista.php?lang=spa&menu=451].

Por la disposición de las jaulas, en batería vertical, cada fila de jaulas contara con una banda transportadora. Esta banda se activara manualmente o automáticamente según la necesidad, llevando los huevos hasta un recolector vertical que recogerá los productos de cada fila de jaulas, como se observa en la figura 1.10

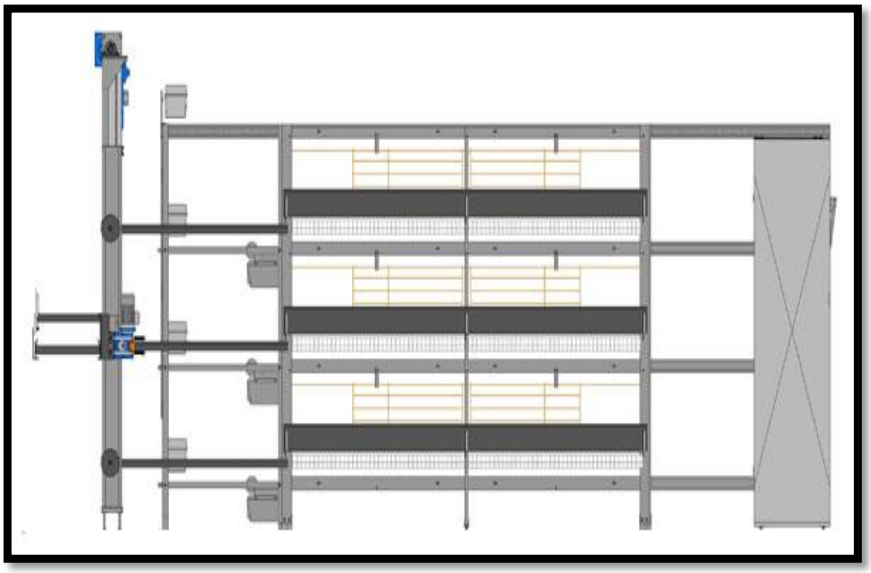


Figura 1. 10 Sistema de Recolección de Huevos Vertical

1.2.10. Sistema para Control de Recolección de Estiércol.

La recolección de los desechos “Gallinaza”, requiere de un proceso que impida la contaminación del galpón, esto como parte del control sanitario obligatorio, debido a la cantidad de animales que se pueden tener en un galpón la recolección se hará dos o tres veces por día. Un sistema de recolección automático de gallinaza para un galpón en batería vertical debe permitir que el ave realice sus proceso biológico y los desechos caigan hasta los depósitos móviles, ubicados bajo la jaula, y estos se desplazan fuera de la batería hasta que un recolector se mueva a lo largo de estos llevando los residuos hasta una banda trasportadora que los coloca en un tanque depósito para su posterior procesamiento. Proceso similar al utilizado para la recolección de huevos como se ve en la figura 1.11

Figura 1.11 Banda Transportadora para Manejo de Desechos en Galpón
Fuente: ERGOMIX.COM. Banda de gallinaza
[Disponible en http://www.engormix.com/MA-avicultura/fotos/banda-recolectora-de-gallinaza-ph15350/p0.htm].

1.2.11. Bebederos

Para ubicación y diseño del sistema de bebederos se debe tomar en cuantos algunos aspectos importantes.

- Mantener la altura del agua entre el lomo y los ojos del pollo en bebederos de canal o tipo nipple.
- El pollo no debe bajar la cabeza para tomar agua porque no es capaz de chupar el agua hacia arriba.
- El agua de bebida tiene que estar siempre limpia y fresca.

Los bebederos con agua deben estar uniformemente distribuidos en toda el área de crianza. Se usará dos bebederos por jaula y la altura deberá ir adecuadamente al tamaño de los pollos, la circulación de agua es importante para evitar aguas estancadas y asegurar el suministro de constante de la misma ya que el consumo de agua es el doble que la ingestión de alimento. La figura 1.12 muestra un bebedero tipo nipple para jaulas en batería vertical.

Figura 1.12 Bebedero Tipo Nipple.
Fuente: OLX.COM.VE. Jaulas para Gallinas Ponedoras Automatizadas y Semi-Automatizadas.
[Disponible en http://valledelapascua.olx.com.ve/jaulas-para-gallinas-ponedoras-automatizadas-y-semi-automatizadas-iid-246410173].

1.3. Sistema para Control de Temperatura

1.3.1. Control de Temperatura

La recirculación de aire y flujo del mismo es muy útil para incrementar y disminuir la temperatura de manera rápida, es decir, hacer más dinámico el proceso y con esto poder realizar un control más efectivo e independiente de la temperatura ambiental. En el caso de estudio, se analizará el principio que hace que funcione el control de temperatura actuando en el flujo del aire. En un recinto cerrado, como un galpón, el aire se encuentra estático a una temperatura estable, si la temperatura

del interior del galpón es muy baja el sistema de control por flujo de aire tiene que hacer circular aire caliente para que suba la temperatura, esto se logra calentando el aire que está alrededor de los calentadores, el cual se mezcla con el aire frío dentro del galpón logrando un aumento rápido pero no extremo para no causar un cambio brusco en el ave, luego se utilizan los ventiladores para mover ese aire por todo el galpón.

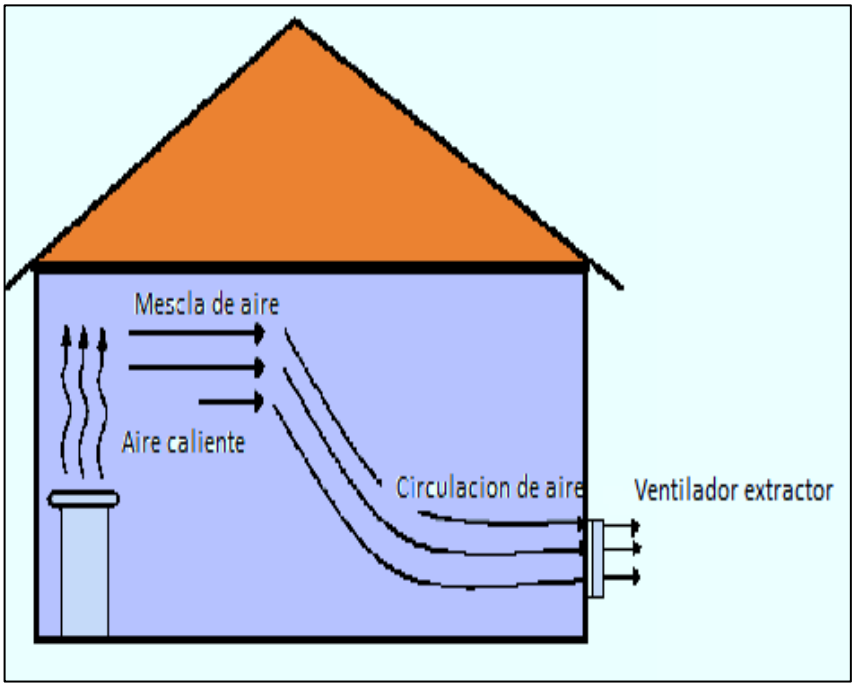


Figura 1.13 Sistema de Calefacción y Circulación de Aire.

Si la temperatura del interior del galpón sobrepasa la temperatura deseada, se procede a encender únicamente los extractores para renovar el aire que está en el interior logrando de esta manera bajar la temperatura del galpón. Este precepto funciona siempre y cuando la temperatura ambiental sea menor a la temperatura interior porque si se tiene una temperatura ambiental mayor se logra el efecto inverso, es decir, se ingresa aire caliente al galpón y se aumenta la temperatura.

1.3.2. Tipo de Ventilación

1.3.2.1. Ventilación Tipo Túnel

La ventilación por túnel utiliza el principio de sensación térmica; se utiliza extractores de gran capacidad o ventiladores de extracción para producir la velocidad de aire necesaria para que el efecto de sensación térmica sea coherente.

La ventilación por túnel en un galpón avícola funciona de la siguiente manera; se disponen los dispositivos y las entradas de aire como se muestra en la figura 1.14**.** El aire fluye formando un túnel de flujo de alta velocidad que ayuda a las aves a refrescarse reduciendo o eliminando el calor por diferencia de temperatura. El funcionamiento del túnel es eficiente siempre y cuando la temperatura fuera de la nave no supere la temperatura deseada, set point, porque a esta temperatura empieza a tener el efecto contrario llenando de calor el galpón.

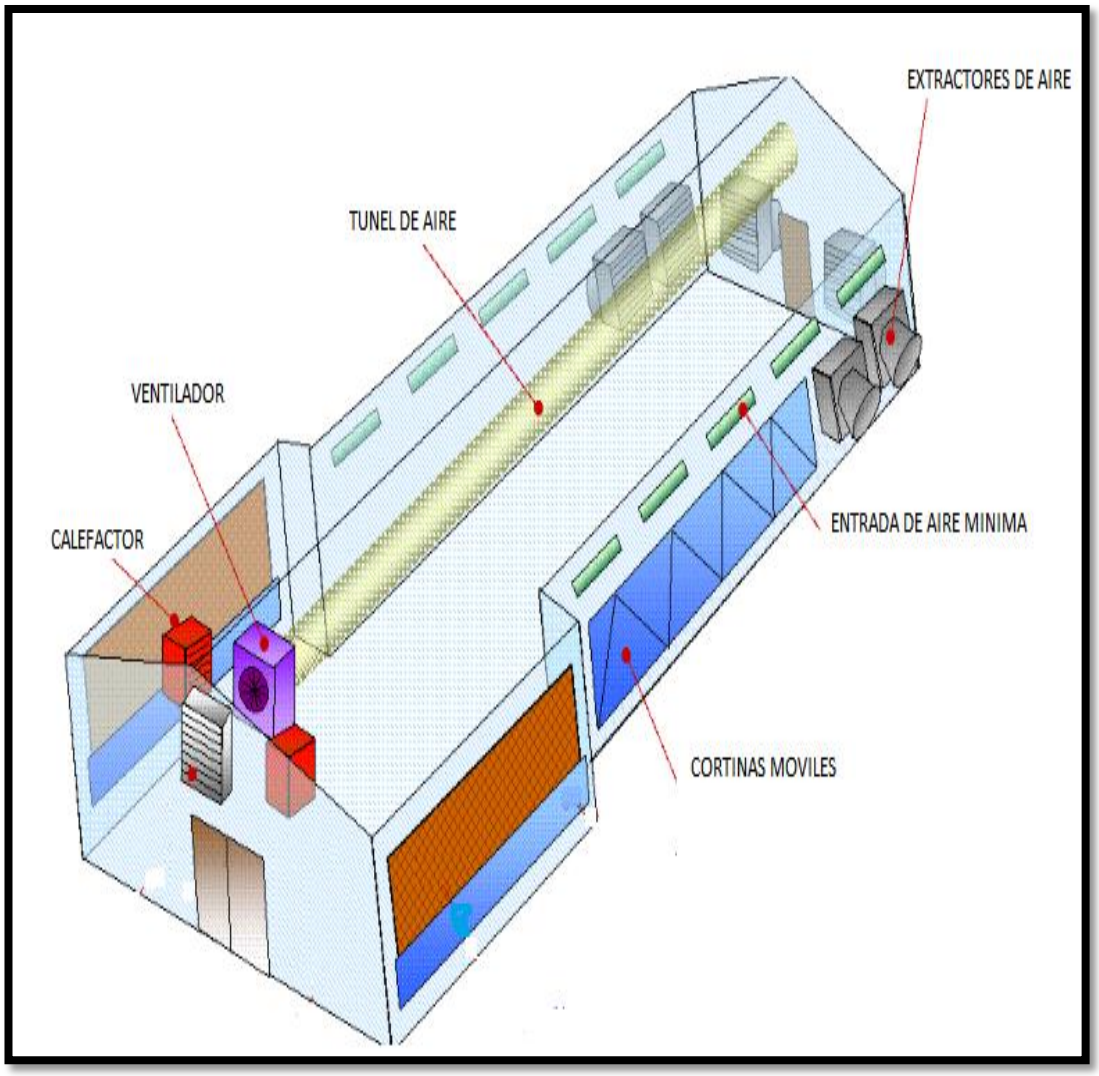


Figura 1.14 Modelo de Nave con Sistema de Ventilación tipo Túnel.
Fuente: AGRENER. Sistema Combi Túnel.
[Disponible en http://www.agreneronline.com/cunicultura/combi-tunel/index.php]

1.3.2.2. Ventilación Mínima[3]

Cuando la temperatura del aire en el galpón está en un nivel se encuentra dentro de los niveles aceptables, el sistema se encuentra en modo de ventilación mínima. Se trata de que el flujo de aire sea el mínimo posible de forma de evitar pérdidas de calor hacia el exterior pero en lo posible mantener las condiciones del aire aceptables, ingresando aire oxigenado y removiendo el aire contaminado con polvo, amoníaco y los gases (anhídrido carbónico, monóxido de carbono y vapor de agua). Con una adecuada ventilación mínima se logra disminuir la mortalidad durante los primeros días, evitar el estrés por frío, disminuir conversiones (los pollos no necesitan aporte energético adicional del alimento para llegar a su temperatura corporal) y eliminar la condensación de vapor de agua contra las superficies frías en el caso de climas de bajas temperaturas.

El aire es extraído por extractores laterales o una combinación entre los extractores laterales y algunos de los extractores de túnel. Es importante disponer de un controlador adecuado que permita programar los períodos de tiempo en que los extractores permanecen encendidos y apagados. Un principio práctico es mantener ciclos de 5 minutos, a medida que crecen las aves se aumenta el tiempo de encendido (On), de forma que la suma de los tiempos On y off sea de 5 minutos. El aire frío proveniente del exterior es más denso que el aire existente dentro de la caseta, si el aire entrante lo hace a baja velocidad, entraría en contacto directo con las aves, para evitar este efecto y para lograr una mezcla efectiva del aire entrante y el aire interior, se recomienda que la velocidad del aire entrante sea al menos de 800ft/min (4 m/seg).

1.3.2.3. Descripción de los Elementos

- **Ventilador.-** Los ventiladores son los dispositivos encargados de introducir aire fresco a la nave de cría o producción de huevo, los modos de operación están determinados en función a las necesidades de las aves. En la figura 1.15 se muestra un modelo de ventilador para una instalación avícola.

---

[3] ÁLVARO NIEVES, Conceptos Generales Sobre Sistemas de Ventilación en Galpones de Pollos, CHORE TIME BROCK INTERNATIONAL, GUAYAQUIL, MARZO 2009

Figura 1.15 Modelo de Ventilador para Galpón Avícola.
Fuente: OCASP. Ventiladores para Galpones Avícolas.
[Disponible en http://www.casp.com.br/produtos-int.php?id=33&idioma=E]

- **Calefactor.-** La función del calefactor es incrementar la temperatura de la nave cuando esta se encuentre por debajo del umbral establecido, para un manejo adecuado los calefactores a utilizarse son un tipo de calefactor eléctrico, diseñado para ambientes cerrados. La figura 1.16 muestra un calefactor eléctrico.

Figura 1. 16 Calefactor Eléctrico.
Fuente: Mercado Libre. Calefactor Eléctrico.
[Disponible en: http://listado.mercadolibre.com.mx/calefactor-electrico].

- **Extractores de Aire.-** Los extractores de aire realizan una función similar a los ventiladores; pero en lugar de llevar aire dentro de la nave, estos se encargan de sacar el aire caliente y los gases encerrados dentro del galpón. A continuación la figura 1.17 muestra un extractor de aire.

Figura 1.17 Extractor de Aire.
Fuente: Atenas Ventilación.
[Disponible en: http://www.atenasventilacion.com.ar/extractores-industriales-avicolas-rosario/262-extractor-de-aire-para-galpones-j21.html].

1.4. Diseño del Control de Temperatura.

1.4.1. Control de Temperatura.

El sistema para control de temperatura se basa en parámetros, especificados anteriormente, como los rangos de temperatura necesarios para un óptimo desarrollo de las aves y con esto una óptima producción. A continuación se detalla algunos de los principales parámetros.

- Set point variable desde 21ºC. a 30ºC. según curva de temperaturas de las aves.
- Uso de calentador eléctrico.
- Uso de extractores de bajo caudal para control normal y para ventilación
- mínima.
- Uso de extractores de alto caudal para ventilación por túnel.

1.4.2. Instrumentación.

- **Sensor de Temperatura.-** Es necesario un sensor de temperatura que posea una salida estándar ya sea en voltaje o corriente. El rango de medición del sensor debe ser de 10 a 40ºC como mínimo y con una exactitud de 1ºC como mínimo.

- **Actuadores.-** Los dispositivos que se utilizaran en el desarrollo del sistema se adaptaran en base a las dimensiones de la nave; ya que no existe en el mercado equipos de estas dimensiones físicas con las especificaciones técnicas requeridas. Así los principales elementos a utilizarse son:

  - Para el control de ventilación mínima son necesarios ventiladores y extractores, la dimensión está acorde al tamaño de la nave.

  - Para el control de ventilación por túnel son necesarios 1ventilador tipo relativamente grande y extractores.

  - Para el control de suministro de alimento, recolección de huevos y recolección de estiércol es necesaria la utilización de motores eléctricos y un sistema de poleas o engranes.

1.4.3. Descripción de la Técnica de Control

El sistema tiene cinco modos de operación: modo de enfriamiento, modo de calentamiento, modo de extracción, modo túnel y modo de ventilación mínima. A continuación se presenta en la tabla 1.3 los modos de operación para los actuadores y sensores; si el actuador o sensor tiene una "X" en el modo quiere decir que es controlado en ese modo.

	Ventiladores	Extractores	Calefactores	Sensor Temp.
Renovación		X		X
Calentamiento	X		X	X
Túnel	X	X		X

Tabla 1.3 Modos de Operación para Control de Temperatura.

- **Modo de Renovación**

El modo de renovación utiliza el método de flujo y renovación de aire para enfriar el ambiente. Utiliza los ventiladores, el sensor de temperatura y los extractores. Este modo de operación busca refrescar el ambiente dentro de la nave cuando la temperatura se encuentra en el rango entre 24 a 26 °C.

- **Modo de calentamiento**

El modo de calentamiento utiliza el método de flujo de aire caliente para aumentar la temperatura de la nave. Utiliza los ventiladores, los calefactores eléctricos y el sensor de temperatura. El modo está activado cuando la temperatura de la nave disminuya por debajo de los 24°C.

- **Modo de ventilación mínima**

La ventilación mínima varía de acuerdo al peso y edad de las aves. Como solución al problema de control de ventilación mínima, se necesita encender extractores de una capacidad conocida en un ciclo de PWM (Modulación por ancho de pulso), el sistema trabaja de la siguiente manera:

Supóngase que se desea la ventilación mínima de 1 m3 / h y se tiene un extractor con una capacidad de 3 m3 / h, si se propone un ciclo de trabajo de 12 minutos (que es un ciclo medio, no demasiado prolongado de tal manera que provoque el sofocamiento de las aves y no demasiado corto que dañe los extractores) deberíamos extraer 1/5 de m3 cada ciclo es decir se tendría:

$$\textbf{Ciclo ON} = \frac{\frac{\mathbf{1m^3}}{\mathbf{5}}}{\frac{\mathbf{3m^3}}{\mathbf{1h}}} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{15h}} = \mathbf{240seg} \qquad (\mathbf{Ec.\ 1.2})$$

Así los ventiladores se encenderán cada 12 minutos, por el lapso de 4 minutos. Como ejemplo se realizara algunos cálculos con datos estándar para una instalación avícola con los datos de la tabla 1.4

DATOS	DESCRIPCION
15	Densidad de ave viva (kg/m^2)
2	Longitud del galón (m)
1.3	Ancho del galpón (m)
51,89	Caudal de extractor (m^3/h) SB-1H20-4
12	Tiempo del ciclo de trabajo (min.)
6	Número de extractores
?	Caudal de extractor (m^3/h) SBC-3L54-100

Tabla 1.4 Datos para un Ejemplo de Cálculo del Caudal del Extractor.

- **Cálculo del número de aves.**

El peso de un ave de puesta es de aproximadamente 1.8 Kg. Se tienen además los datos de ancho y largo de la nave y la densidad de ave viva que debe haber en ella; con esto se puede calcular la cantidad de aves que se encuentran en la nave.

$$\mathbf{Aves} = \frac{\mathbf{largo} \times \mathbf{ancho} \times \mathbf{densidad}\left(\frac{\mathbf{kg}}{\mathbf{m^2}}\right)}{\mathbf{peso\ del\ ave}\ (\mathbf{kg})} \qquad (\boldsymbol{Ec.1.3})$$

$$\mathbf{Aves} = \frac{\mathbf{2} \times \mathbf{1,3} \times \mathbf{15}\left(\frac{\mathbf{kg}}{\mathbf{m^2}}\right)}{\mathbf{2}\ (\mathbf{kg})} = \frac{\mathbf{39}}{\mathbf{2}} = \mathbf{18\ aves}$$

- **Requerimientos de Ventilación mínima.-** Utilizando la fórmula de cálculo de ventilación mínima, el peso diario de cada ave y el número de aves en el galpón se pueden obtener los requerimientos diarios de ventilación mínima.

$$\mathbf{V\ min} = \frac{\mathbf{0.702}\frac{\mathbf{m^2}}{\mathbf{h}}}{(\mathbf{aves} \times \mathbf{peso\ de\ ave})^{\mathbf{0,75}}} \qquad (\boldsymbol{Ec.1.4})$$

- **Modo túnel.-** El modo túnel hace uso de los extractores y ventiladores a su máxima capacidad para reducir el efecto de sensación térmica en las aves.

- **Control de Extractores de Ventilación por túnel**.- La ventilación por túnel habilita los extractores con el fin de producir el efecto deseado de sensación térmica. Para configurar un sistema de ventilación por túnel se deben seguir las siguientes recomendaciones:

Se realiza una reducción de temperatura máxima de 5ºC. Por lo tanto las velocidades se pueden despejar fácilmente:

$$\mathbf{RT°C} = \mathbf{1.125V}$$

$$\mathbf{5} = \mathbf{1.125V}$$

$$\mathbf{Vmax} = \frac{\mathbf{4.44m}}{\mathbf{s}}$$

Ahora, con la velocidad necesaria, el caudal de cada extractor y la sección transversal del galpón se puede calcular el número de extractores requeridos:

$$\textbf{Extractores} = \frac{\textbf{velocidad} \times \textbf{secccion del galpon} \times \textbf{capacidad del extractor}}{\textbf{caudal}} \qquad (\boldsymbol{Ec.1.5})$$

A los extractores se los debe colocar de forma simétrica en el lado menos largo del galpón. Al lado opuesto a los extractores se encuentran las aperturas o ingreso de aire para el túnel, las aperturas se colocan en el lado largo del galpón. El cálculo de las dimensiones de las aperturas se realiza de la siguiente manera:

$$\textbf{Area} = \frac{\textbf{numero de extractores} \times \textbf{caudal}}{\textbf{velocidad}} \qquad (\boldsymbol{Ec.1.6})$$

1.5. Sistemas de Control

1.5.1. Sistemas de Control en Lazo Abierto

Los sistemas de lazo abierto son aquellos sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico en una lavadora. En remojo, el lavado y el centrifugado en la lavadora operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa. En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de esto, la precisión del sistema depende estrictamente de la calibración.

Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Obsérvese que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo está en lazo abierto. En la figura 1.18 se muestra un diagrama de bloques para un sistema de control a lazo abierto.

Figura 1. 18 Diagrama de Bloques para un Sistema de Control a Lazo Abierto.
Fuente: Modelado de sistemas de control básicos.
Disponible en: [http://1607085.blogspot.com/2012/11/24-modelado-de-sistemas-basicos.html].

1.5.2. Sistemas de Control Realimentados

"Un sistema que mantiene una relación determinada entre la salida y la entrada se referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denominan sistemas de control realimentado. Un ejemplo sería el sistema de control de temperatura de una habitación. Midiendo la temperatura real y comparándola con la temperatura de referencia, temperatura deseada, el termostato activa o desactiva el equipo de calefacción o de enfriamiento para asegurar que la temperatura de la habitación se mantiene en un nivel confortable independientemente de las condiciones externas. Los sistemas de control realimentados no se limitan a la ingeniería, sino que también se encuentran en diversos campos ajenos a ella".[4]

1.5.3. Sistemas de Control en Lazo Cerrado

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado, en la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se pueden usar indistintamente. Dentro de un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El termino control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema. En la figura 1.19 se

[4] Katsuhiko, O. (2009). Sistemas de Control en Tiempo Discreto. n.e.: Pearson Educacion.

presenta un diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado convencional.

Figura 1.19 Diagrama de Bloques para un Sistema de Control a Lazo Cerrado.
Fuente: Los Sistemas Automáticos de Control
Disponible en: [http://www.librosvivos.net/smtc/PagPorFormulario.asp?TemaClave=1164&est=0].

1.5.4. Conceptos y Definiciones

A continuación se citaran algunas definiciones y conceptos que se deben tener presentes para el diseño de sistemas de control, sean estos en lazo abierto como en lazo cerrado.

- **Variable controlada**; Es una condición que se debe controlar, así por ejemplo la temperatura, humedad o presión, en algún proceso productivo.

- **Controlador**; se describe como el elemento que percibe los cambios en la variable controlada y transmite una acción a un dispositivo controlado que corrige la condición que cambió. Un ejemplo de estos pueden ser los termostatos, que son elementos que tiene dos funciones: percibir una señal y transmitir una acción basada en la señal.

- **Fuente de energía**; es la encargada de abastecer la energía para que se transmita la acción desde el controlador hasta el dispositivo controlado. Un ejemplo de ello son las fuentes de energía eléctrica.

- **Dispositivo controlado**; Es un elemento, dentro de un sistema de control, que al recibir la acción del controlador, regula la o las variables de un agente de control. Ejemplos de dispositivos controlados tenemos una electroválvula.

- **Agente de control**: Es el medio encargado de regular al dispositivo controlado. Por ejemplo ejemplos tenemos al agua que pasa por una válvula

- **Planta**; La regulación del agente de control varía la capacidad u operación del equipo llamado planta. Algunos ejemplos de planta tenemos: el serpentín de enfriamiento o de calefacción, el quemador de aceite. El cambio en el funcionamiento de la planta modifica la condición de la variable controlada, completando así la acción deseada.

- **Variable de Proceso:** La variable medida que se desea controlar recibe el nombre de variable de proceso y se abrevia PV.

- **Punto de Referencia**; comúnmente llamado SET POIN, es el valor deseado de la variable de proceso, es el valor al cual el control se debe encargar de mantener la PV. Por ejemplo en un horno la temperatura actual es 155°C y el controlador está programado de modo de mantenerlo a 200°C; el SP serían los 200°C.

- **Error**; Se define error como la diferencia entre la variable de proceso PV y el set point SP; para el ejemplo anterior el error seria la diferencia entre los 200°C y la temperatura actual 155°C.

1.6. Tipos de Control

1.6.1. El control ON-OFF

El modo de control ON-OFF es lo más elemental y consiste en activar el mando cuando la variable a controlar está por debajo del nivel deseada SP y desactivarlo cuando la misma esté por arriba de esta, como se observa en la figura 1.20 Inevitablemente debido a las perturbaciones que puedan existir, este es un sistema que permanecerá fluctuando alrededor del Set Point. Evidentemente este algoritmo de control no es el más adecuando cuando se desea una temperatura constante y uniforme, pero si ofrece la ventaja de provocar poco desgaste en los contactares electromecánicos, pues estos se activan y desactivan lo mínimo necesario.

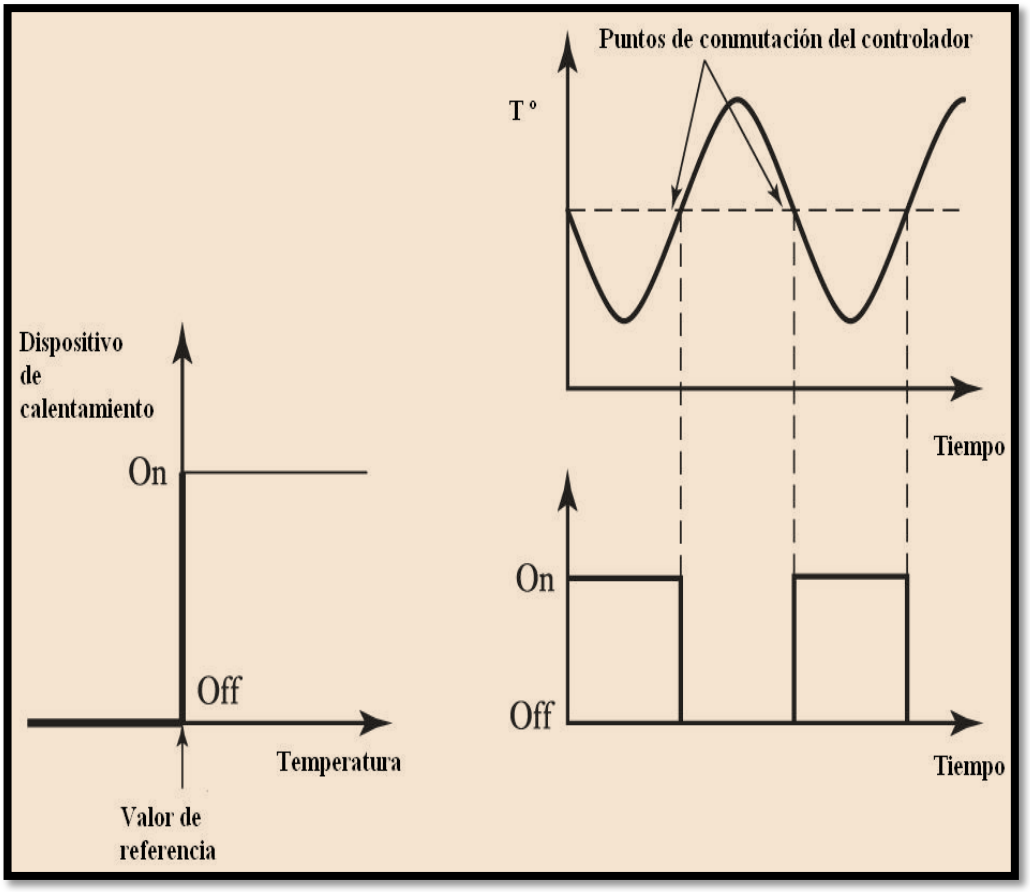


Figura 1.20 Grafica Modelo de Control On/Off

Fuente: Punto Flotante s.a.

Disponible en: [http://www.puntoflotante.net/CONTROLONOFF.htm].

1.6.2. Control Proporcional

El control proporcional entrega una potencia que varía en forma proporcional al error (SP-PV). Para poner en marcha un controlador proporcional se debe fijar los siguientes parámetros:

- El rango deseado SP.
- La banda proporcional Pb.
- El tiempo de ciclo tc.

La banda proporcional Pb se programa en el controlador como porcentaje de “SP”. Correspondiente a una banda de temperatura situada por debajo del “SP” a lo largo de la cual, la potencia de salida variara proporcionalmente al error (“SP”-“Pb”), disminuyendo cuanto más cercana sea al “SP”; por lo tanto es importante tener

presente que mientras menor se la banda proporcional, el control proporcional se comportara en una manera más parecida al controlador ON/OFF, es decir tenderá a presentar oscilaciones alrededor del “SP”.

1.6.3. Control Proporcional Derivativo PD

El control **PD** es uno proporcional al que se le agrega la capacidad de considerar también la velocidad en el tiempo. De esta forma se puede adelantar la acción de control del mando de salida para obtener así un sistema más estable. Si la variable a controlar está por debajo del SP, pero subiendo muy rápidamente y va a sobrepasar el SP, entonces el control se adelanta y disminuye la potencia. En forma inversa si la variable a controlar es mayor que el SP, la salida debería ser 0% pero si el control estima que baja muy rápido y se va a pasar para debajo del SP, entonces le colocan algo de potencia a la salida para a ir frenando el descenso brusco. La acción derivativa es llamada a veces “rate action” por algunos fabricantes de controles porque consideran la “razón de cambio” de la variable de proceso.

1.6.4. Control Proporcional Integral PI

La forma efectiva de solucionar el problema del error estacionario es agregando al control proporcional el término “integral” llamado también a veces “automatic reset” o “acción integral”. El control será el mismo proporcional pero a la salida se le suma la acción integral que la corrige tomando en cuenta la magnitud del error y el tiempo que este ha permanecido. Para ello se programa en un controlador una constante I que es formalmente “la cantidad de veces que aumenta la acción proporcional por segundo”. La salida se corrige en una cantidad equivalente a la integrar del error multiplicada por “I”. La integral del error es simplemente la suma acumulada de los errores medidos por el controlador cada segundo.

El proceso continuará de la misma forma aumentando el tamaño de la magnitud hasta que en algún momento el error sea finalmente eliminado, pues sólo en ese momento se detendrá el incremento de la potencia de salida. Entonces será la magnitud integral quien supla el “ajuste” de la potencia necesaria para estabilizar el sistema en un rango determinado. Por muy pequeño que sea el valor programado de “I”, siempre se corregirá el error estacionario, pero tardará más tiempo en hacerlo. Al revés si se programa un valor excesivo de “I”, entonces la acción integral

tendrá mucha fuerza en la salida y el sistema alcanzará rápidamente el “SP”, pero lo más probable es que siga de largo por efectos de la inercia térmica. Entonces la acción integral (con error negativo) será en sentido contrario, la magnitud irá disminuyendo rápidamente por la magnitud del error. Consecuencia de esto sería una excesiva disminución de la potencia de salida y la temperatura probablemente baje del “SP”, entrando así el sistema en un ciclo oscilatorio.

En la práctica normalmente “I” deberá ser grande solo en sistemas que reaccionan rápidamente, (por ejemplo controles de velocidad de motores) y pequeño para ser sistemas lentos con mucha inercia. (Por ejemplo sistemas térmicos). En general los valores de la constante “I” son relativamente pequeños, para la mayoría de los sistemas el valor adecuando de “I” varía entre 0 y 0.08 1/s.; por ese motivo en muchos controladores la cantidad “I” se programa multiplicada por 10000, es decir que para tener una acción integral de 0.01/s., se programa:

$$\mathbf{I = 0.01\ x\ 10000 = 100} \qquad (\mathbf{Ec.\ 1.7})$$

1.6.5. Control Proporcional Integral Derivativo PID.

El control PID es un controlador proporcional con acción derivativa y con acción integral simultáneamente superpuestas. Se dice que un sistema y su controlador tienen un comportamiento inestable cuando después de un tiempo razonable de funcionamiento y sin ocurrir perturbaciones externas, el sistema permanece fluctuando en forma oscilatorio ya sea con un periodo regular o errático. Siempre se busca que el sistema de control sea estable, pero además, dentro de las condiciones de estabilidades existen tres tipos de comportamiento bien definidos:

- Control sub amortiguado,
- Control con amortiguamiento crítico
- Control sobre amortiguado.

El sistema sobre amortiguado tiene una velocidad de respuesta lenta, después de que ocurra una perturbación, el sistema puede tardar en volver al “SP”, pero la ventaja es que el sistema es muy estable y no adquiere comportamientos oscilatorios indeseables. Esta condición tiende a ocurrir cuando la banda proporcional cuando la banda “Pb” es más grande de lo necesario. También puede

deberse a una constante derivativa “D” muy grandes, basta acordarse de que la acción derivativa tiene a frenar la temperatura. En el otro extremo, cuando un sistema se comporta de modo sub amortiguado la velocidad de respuesta es muy buena pero pueden ocurrir varias oscilaciones de cierta amplitud antes de que el sistema llegue a un valor estable. Suele ocurrir esta condición cuando la banda proporcional “Pb” es pequeña, la constante derivativa “D” pequeña y la constante de integración “I” grande.

El justo medio entre las condiciones anteriores es el amortiguamiento crítico. A esta condición corresponde los valores óptimos de los parámetros “P”, “D”, “I”. en este caso el sistema es bastante estable y la velocidad de respuesta es la mejor que se puede lograr.

CAPITULO II

DISEÑO DE HARDWARE Y FIRMWARE PARA LOS DIFERENTES PROCESOS EN EL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Introducción

El proceso de automatización conlleva la utilización de diversos instrumentos tecnologías y la aplicación de técnicas de programación para los mismos, que permitan obtener el mejor desempeño con un costo mínimo. Este capítulo está enfocado al diseño, construcción y elaboración de los diferentes interfaces para la comunicación entre sensores, actuadores y los dispositivos de control que intervienen en el proceso de automatización de los sistemas de temperatura, recolección de huevos y estiércol, alimentación, suministro de agua y control e iluminación dentro del prototipo de nave para la producción avícola.

2.1. Sistema de Control de Temperatura

El sistema para el control de la temperatura es uno de los puntos más importantes en el desarrollo de este proyecto, se necesita censar la temperatura en un recinto cerrado de dimensiones relativamente grandes, por lo que se plantea la aplicación de tres sensores de temperatura del tipo LM35DZ ubicados estratégicamente, en tres lugares al interior de la nave. Cada uno de estos sensores adquiere los datos en forma de señal digital, que está en el orden de milivoltios, y los envía a un sistema amplificador que hace que estos datos lleguen al orden de los voltios. Posteriormente esta información es enviada al microcontrolador PIC16F877A; aquí el modulo conversor del microcontrolador convierte la señal digital en datos analógicos que son cuantificados en 256 niveles, así por ejemplo, 0 voltios estará en el nivel cero y 5 voltios en el nivel 256. Estos datos son sumados y promediados obteniendo así un valor estándar de la temperatura al interior de la nave. El microcontrolador se encarga de generar una señal de PWM, en función de los datos cuantificados, la misma que pasa a un operacional que amortigua la onda cuadrada y la presenta, en la salida, como una onda rectificada que va desde cero voltios

hasta su máximo valor 5 voltios. Para utilizar esta información los datos deben ser receptados mediante el módulo de adquisición de datos MyDAQ de National Instruments, para su posterior tratamiento y procesamiento.

Descripción Teórica de los Dispositivos.

2.1.1. Termómetro con LM35DZ.

2.1.1.1. Sensor LM35DZ

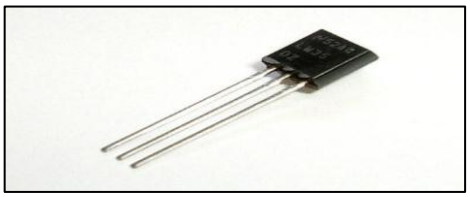


Figura 2. 1 Sensor de Temperatura LM35DZ
Fuente: vitronia.com
Disponible en: http://www.vitronia.com/shop/product.php?id_product=206.

2.1.1.2. Características del Sensor de Temperatura LM35DZ

El circuito integrado LM35D es un sensor de temperatura cuya tensión de salida es linealmente proporcional con la temperatura en la escala centígrada. Posee una precisión bastante aceptable y no necesita calibración externa; además su bajo costo lo convierte en un elemento perfecto para esta aplicación. En la tabla 2.1 se detallan algunos datos técnicos de sensor LM35DZ.

PARAMETRO	VALOR
Temperatura min	-55
Temperatura max	150
Voltaje min-	4
Voltaje max	30
Factor de escala	10mV/ºC. (Garantizado entre 9,8 y 10,2mV/ºC).
Rango de utilización	-55ºC < T < 150ºC
Precisión de	~1,5ºC (peor caso)
No linealidad	~0,5ºC (peor caso)

Tabla 2.1 Datos Técnicos del Sensor LM35DZ

2.1.1.3. Conversor Análogo/Digital.

La salida de los sensores, que permiten al sistema electrónico interactuar con el entorno, es normalmente una señal analógica continua en el tiempo. En consecuencia, esta información debe convertirse a binaria, es decir, cada dato analógico decimal codificado a una palabra formada por unos y ceros con el fin de adaptarla a los circuitos procesadores y de presentación. Un convertidor analógico digital (CAD) es un circuito electrónico integrado cuya salida es la palabra digital resultado de convertir la señal analógica de entrada. La conversión a digital se realiza en dos fases; la etapa de cuantificación y la etapa de codificación. Durante la primera se muestrea la entrada y a cada valor analógico obtenido se asigna un valor o estado, que depende del número de bits del CAD. El valor cuantificado se codifica en binario en una palabra digital, cuyo número de bits depende de las líneas de salida del Conversor A/D.

2.1.1.4. Principios operativos de los CADs.

En un CAD de N bits hay 2N estados de salida y su resolución se expresa como 1/2N, una parte en el número de estados. Con frecuencia la resolución se expresa a partir del margen de entrada del convertidor para definir el intervalo de cuantización o espacio de 1 LSB (Least Significant Bit; bit menos significativo).

2.1.1.5. Microcontrolador PIC 16f877A.

Para construir el interface para el sensor de temperatura se utiliza un dispositivo Microcontrolador cuya selección se hiso en base al análisis de sus características principales, tales como número de pines, descripción de los puertos, entre otras; las mismas que se encuentran detalladas en la hoja de datos del producto. Debido a que el sensor de temperatura a elaborar es una aplicación relativamente sencilla, se ha optado por utilizar el microcontrolador 16F877A, a continuación se detallan las características más destacadas de este Microcontrolador, que constituye la parte esencial para la adquisición de datos. En la figura 2.2 se muestra la distribución de pines del dispositivo.

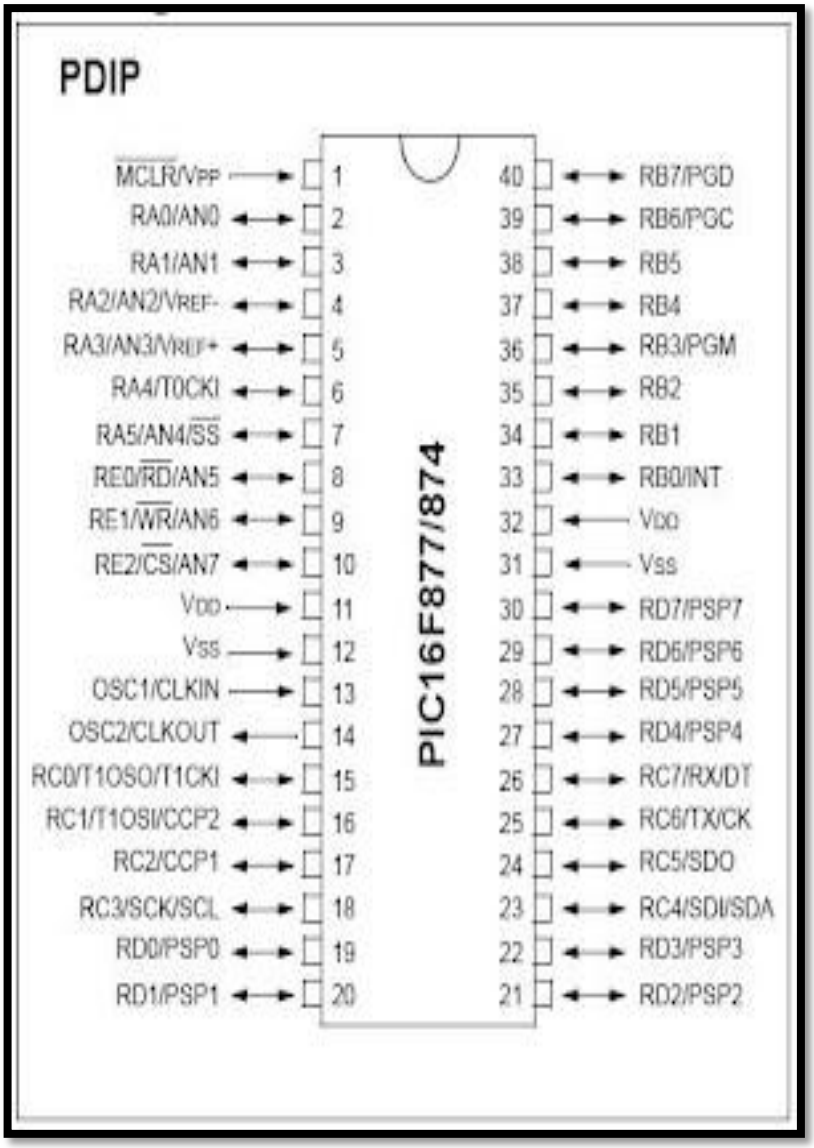


Figura 2.2 Descripción de pines de PIC 16f877A

Fuente: Pic 16f877A Datashhet.

Disponible en: http://www.wvshare.com/datasheet/Microchip_PDF/PIC16F877A.PDF.

2.1.1.6. Arquitectura Interna del PIC16F877A

Al referirse a la arquitectura interna de este microcontrolador se hace referencia, en términos generales, a la estructura interna del mismo, específicamente refiriéndose a la estructura de la memoria de datos y memoria de programas, numero de puertos con la distribución de los mismos y demás periféricos integrados al micro controlador; así como también al método de manejo de los recursos integrados en general. Conocer profundamente la Arquitectura Interna facilita enormemente la creación de programas de manera rápida y eficiente. En esta parte se realizara un recorrido teórico a través de la estructura interna del micro controlador 16F877A. En

la figura 2.3 se muestra una gráfica completa en la que se describe la arquitectura interna de un microcontrolador 16F877A.

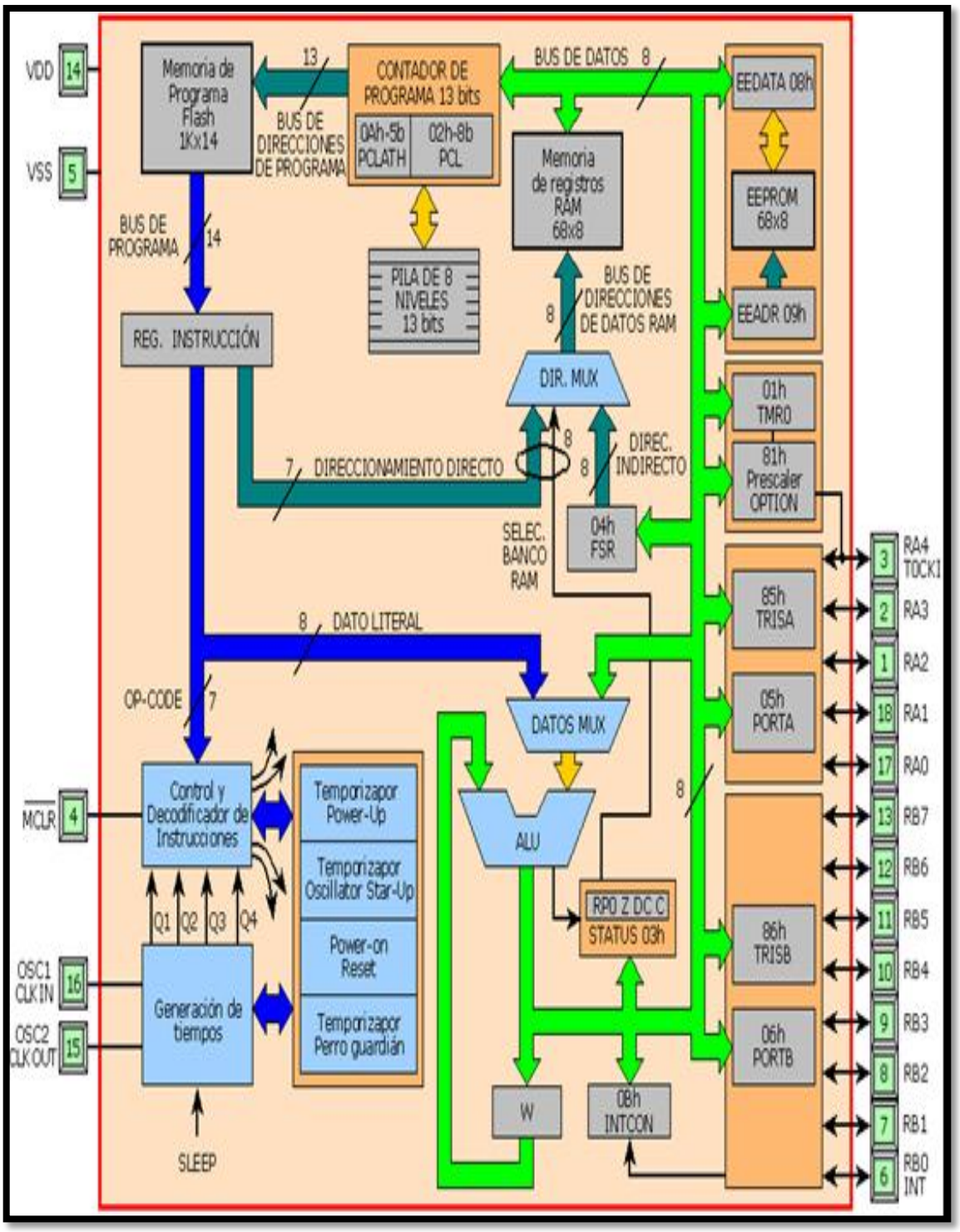


Figura 2.3 Arquitectura Interna del PIC16f877A

Fuente: Pic 16f877A Datashhet.

Disponible en: http://www.wvshare.com/datasheet/Microchip_PDF/PIC16F877A.PDF.

2.1.1.7. Puertos Paralelos de Entrada / Salida del PIC16f877A

Los Microcontroladores de la serie 16F877A se destacan por poseer un grupo de puertos dispuestos en 5 grupos distribuidos en PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE, los cuales pueden ser configurados como entradas o salidas de acuerdo a las necesidades del programador.

2.1.1.7.1. Puerto A (PORTA).-El puerto A posee 6 líneas bidireccionales, los 3 registros asociados a este puerto son:

- **Registro PORTA (05H).-** registro de estado del puerto A, cada uno de los 6 bits menos significativos (RA5,……, RA0) de este registro están asociados a la línea física correspondiente del puerto. En la figura 2.4 se muestra el registro PORTA.

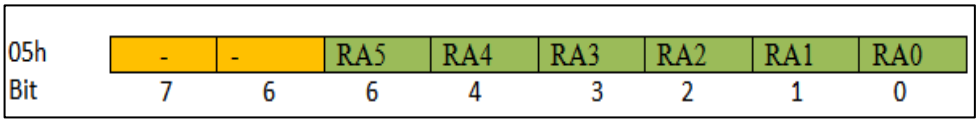


Figura 2.4 REGISTRO (PORT A)

Fuente: Pic 16f877A Datashhet.

Disponible en: http://www.wvshare.com/datasheet/Microchip_PDF/PIC16F877A.PDF.

Registro TRISA (85H).- Cada bit de este registro configura la dirección en que fluye la información del terminal correspondiente al puerto A, de esta manera, para K= (0, 1, 2,..,5). Bit K de TRISA = 1 configura el terminal RAK del puerto A como entrada, mientras que con TRISA = 0 se configura como salida. En la figura 2.5 se muestra el registro TRISA.

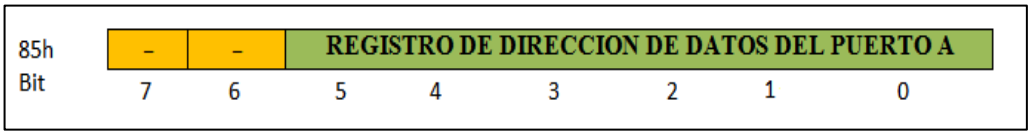


Figura 2.5 Registro (TRIS A)

Fuente: Pic 16f877A Datashhet.

Disponible en: http://www.wvshare.com/datasheet/Microchip_PDF/PIC16F877A.PDF.

Todos los terminales del puerto A poseen diodos de protección conectados a Vdd. (contra altos voltajes) y a Vss (contra voltajes negativos), además manejan niveles de entrada tipo TTL y como salidas se comportan como drivers tipo CMOS. RA4 es

un caso especial, como entrada posee Disparador Schmitt y como salida es de Drenaje abierto, además RA4 solo posee un diodo de protección conectado a Vss.

- **Registro ADCON1 (9FH).-** Los terminales RA0, RA1, RA2, RA3 y RA5 están multiplexados con las entradas analógicas AN0,….., AN4 de manera que antes de utilizarlas debemos configurar si serán usadas como entradas analógicas o como entradas/salidas digitales.

2.1.1.7.2. Puerto B (PORTB)

El puerto B es un puerto digital de 8 bits, todos sus terminales son bidireccionales y trabajan en forma similar al puerto A. posee tres registros asociados, el registro de datos PORTB, el registro de dirección de datos TRISB, y el registro OPTION_REG.

- **Registro PORTB (06H, 106H).-** Los ocho bits que posee reflejan directamente el estado de los 8 terminales del puerto B (RB0,……, RB7).

- **Registro TRISB (86H, 108H).-** Al igual que TRISA al poner un 0 en el bit de TRISB se configura el terminal RB correspondiente como salida y al poner un 1 se configura como entrada. Los terminales RB4,.., RB7 tienen la capacidad de generar una solicitar de interrupción al CPU cuando están configuradas como entradas. El estado de los terminales es comparado con el estado que estos tenían durante la última lectura del puerto B. Los bits que indican que hay una diferencia entre estos valores por cada pin están conectados a una compuerta OR cuya salida activa el bit RBIF del registro INTCON solicitando con esto una interrupción.

2.1.1.7.3. Puerto C (PORTC)

El puerto C consta 8 líneas bidireccionales. Trabaja en forma similar a los puertos A y B y tiene asociados los registros:

- **Registro PORTC (07H).-** es un registro de datos cuyos 8 bits C7, RC6, RC5, RC4, RC3, RC2, RC1, RC0, reflejan directamente el estado de las líneas del puerto C.

- **Registro TRISC (87H).-** registro de control de dirección de las líneas del puerto C. poniendo un 1 en el bit de registro TRISC se configura la línea correspondiente como entrada y poniendo un 0 se configura la línea correspondiente como salida.

2.1.1.7.4. Puertos D Y E (PORTD Y PORTE)

El puerto D está conformado por 8 líneas, las cuales pueden ser configuradas como entradas o salidas mediante el registro TRISD (88H) y cuyas líneas pueden ser introducidas mediante el registro PORTD (08H). Cuando se configuran como entradas estas poseen un disparador Schmitt. El puerto E posee 3 líneas configurables como entradas o salidas mediante los tres bits menos significativos der registro TRISE (89H). Sus líneas pueden ser implantadas mediante los 3 bits menos significativos del registro PORTE.

El puerto D puede configurarse para trabajar simultáneamente con sus 8 líneas como un puerto esclavo de comunicación paralela bidireccional con líneas de protocolo proporcionadas por las tres líneas del puerto E, para ello se debería activar el bit PSPMODE (TRISE <4>).

2.1.1.7.5. Registros de Control del Convertidor A/D del pic16F877A

Los registros que están relacionados con la operación del convertidor, son los siguientes: registro ADCON0 (1FH) y registro ADCON1 (9FH), en la figura 2.6 se muestra la estructura de los registros de control del convertidos A/D.

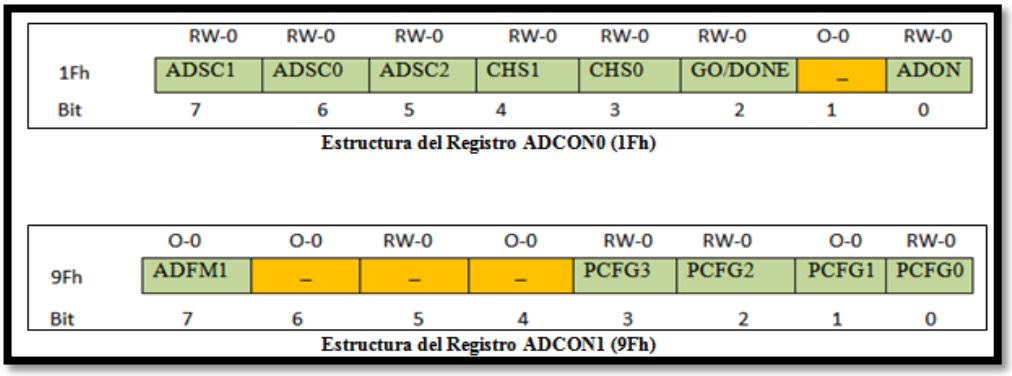


Figura 2.6 Registros de control del convertidos A/D del PIC16f877A.

Fuente: Pic 16f877A Datashhet.

Disponible en: http://www.wvshare.com/datasheet/Microchip_PDF/PIC16F877A.PDF.

2.1.2. Proteus

Proteus es un software de diseño electrónico desarrollado por Labcenter Electrónics que consta de dos módulos: Ares e Isis y que incluye un tercer módulo opcional denominado Electra.

- **Isis**

Mediante este programa se puede diseñar el circuito con componentes muy variados, desde una simple resistencia hasta algún tipo de microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchas otras prestaciones. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real. Una de estas prestaciones es VSM, una extensión de la aplicación con la cual podremos simular, en tiempo real, todas las características de varias familias de microcontroladores, introduciendo el programa que se lleve a cabo.

Se pueden simular circuitos con microcontroladores conectados a distintos dispositivos, como motores, lcd´s, display´s, etc. El módulo VSM incluye, entre otras, las familias PIC10, PIC12, PIC16, PIC18, PIC24 y dsPIC33. ISIS es el corazón del entorno integrado PROTEUS, es mucho más que un simple programa de dibujo de esquemas electrónicos. Combina un entorno de diseño de una potencia excepcional con una enorme capacidad de controlar la apariencia final de los dibujos. ISIS es la herramienta ideal para una rápida realización de complejos diseños de esquemas electrónicos destinados tanto a la construcción de equipos electrónicos como a la realización de tareas de simulación y prueba. Además, encontrará en ISIS una herramienta excepcional para la realización de atractivos esquemas electrónicos destinados a su publicación en libros, manuales o documentos técnicos.

- **Ares**

Ares es la herramienta de rutado de Proteus, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, esta herramienta puede ser utilizada de manera manual o dejar que el propio programa trace las pistas, aunque aquí podemos también utilizar el tercer módulo, Electra (Electra Auto Router), el cual, una vez colocados los componentes trazará automáticamente las pistas realizando varias pasadas para

optimizar el resultado. Con el módulo Ares también podemos tener una visualización en 3D del PCB que se ha diseñado.

2.1.2.1. Proceso de Simulación en Proteus.

Previo a la elaboración de las diferentes interfaces a utilizarse, es necesario hacer pruebas y simulaciones para asegurar un buen funcionamiento y determinar sus posibles limitaciones. El proceso de simulación de los diferentes circuitos en Proteus se realizó de la siguiente manera. Primero abrir el simulador Proteus desde el icono ISIS. Para seleccionar elementos se escoge la opción Component Mode y a continuación seleccione la letra P (Pick from library), en la figura se muestra el panel de trabajo en la plataforma Proteus. En la figura 2.7 se muestra el panel de diseño del simulador Proteus.

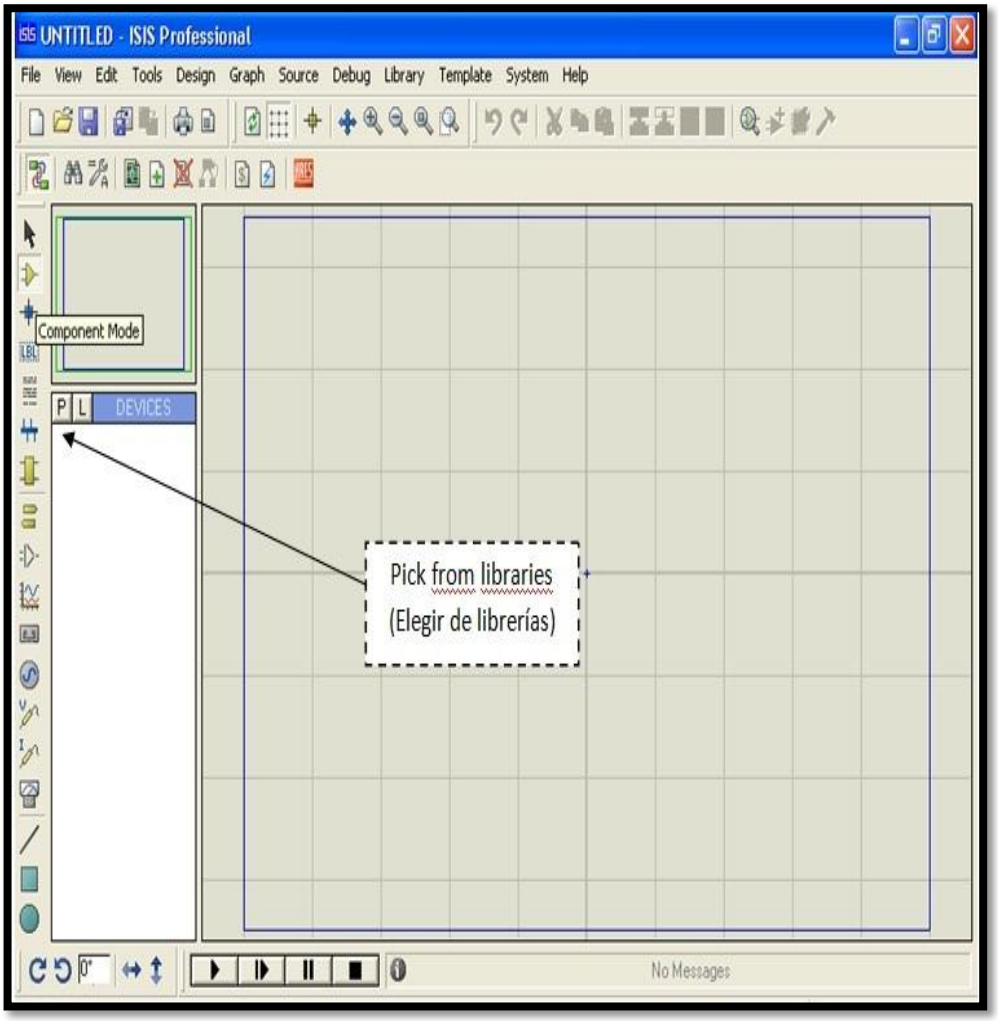


Figura 2.7 Panel de Trabajo en Proteus.

Fuente: Imagen Capturada en Proteus ISIS 7 profesional

Al pulsar en la opción “P” ,en el panel de trabajo del simulador ,aparecerá la ventana “Pick Devices” en la cual se introduce el código o el nombre de los elementos que se va a utilizar en el diseño. En la figura 2.8 se muestra la ventana emergente Pick Devices y se detallan algunas de sus partes.

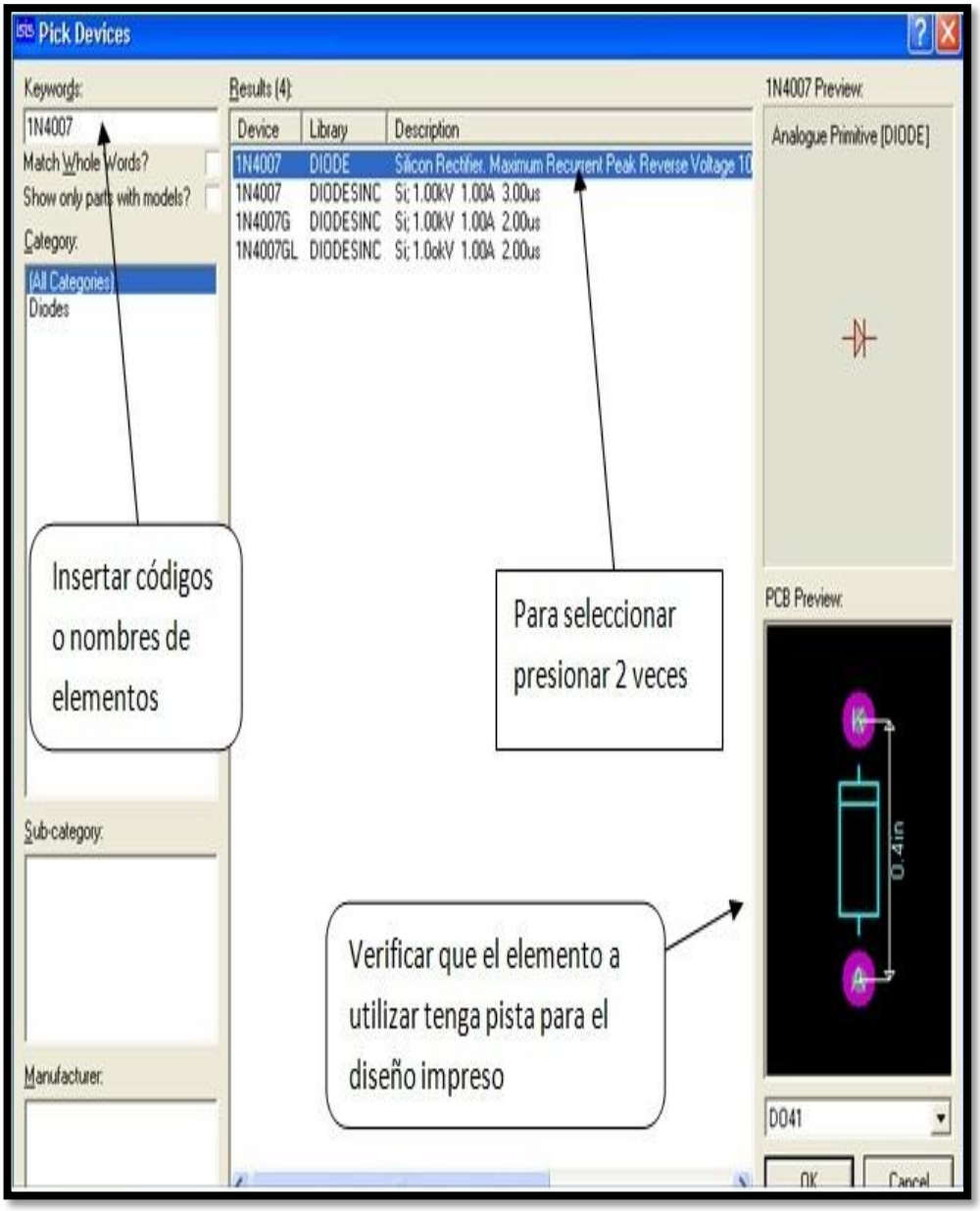


Figura 2.8 Ventana Emergente Pick Devices en Proteus.
Fuente: Imagen Capturada en Proteus ISIS 7 profesional

Para seleccionar el elemento que necesitamos en la simulación simplemente vamos hasta la casilla en donde introducimos el nombre del componente y posteriormente presionar 2 veces sobre este; inmediatamente se despliega, al lado izquierdo de la

ventana, un grupo de elementos relacionados con la búsqueda, como se puede observar en la figura 2.9.

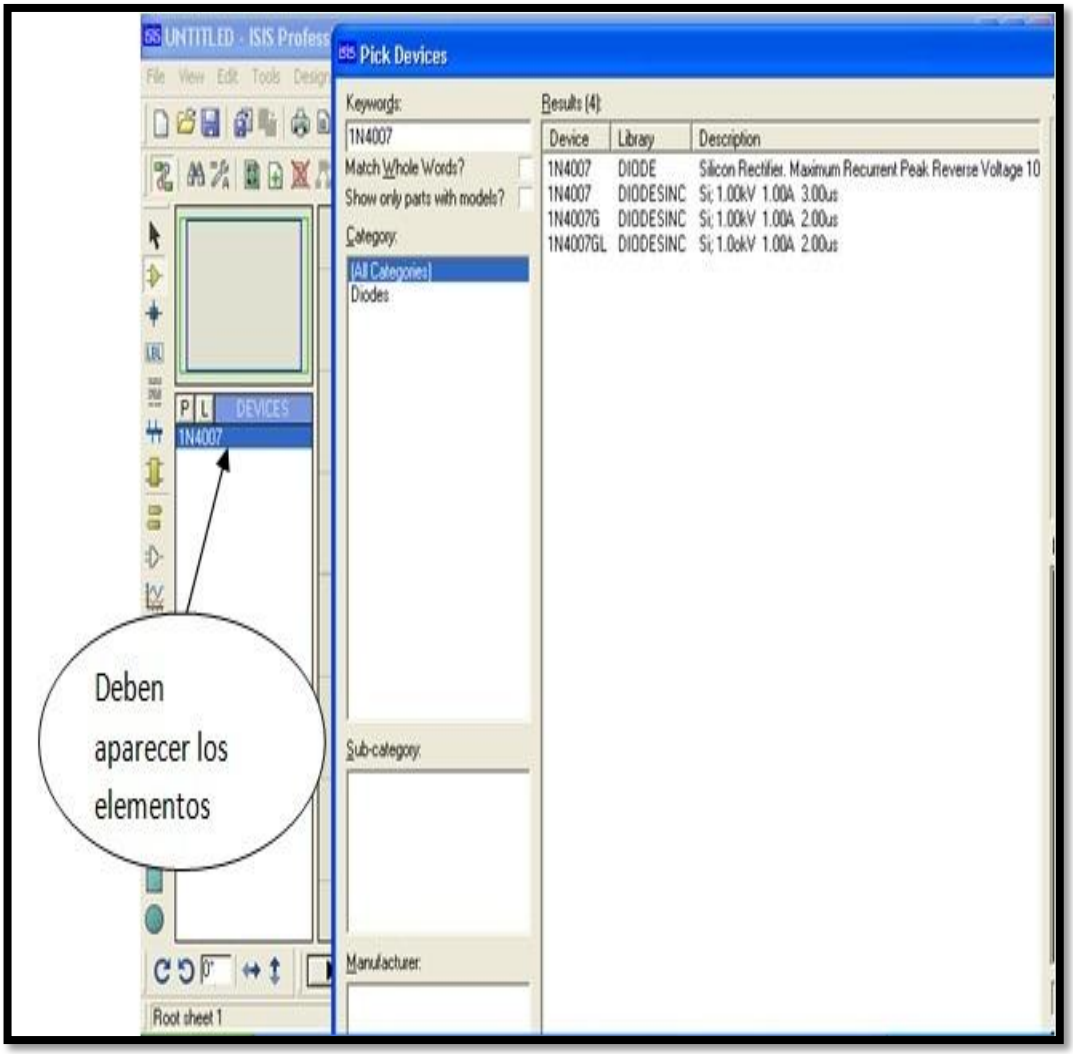


Figura 2.9 Búsqueda de Componentes en Proteus
Fuente: Imagen Capturada en Proteus ISIS 7 profesional

Encontrados los elementos se procede al montaje del circuito, se debe hacer un clic en la parte izquierda de la ventana en el elemento deseado y posteriormente en la hoja principal o área de trabajo, se observara que el elemento aparece listo para ser insertado como se puede observar en la figura 2.10.

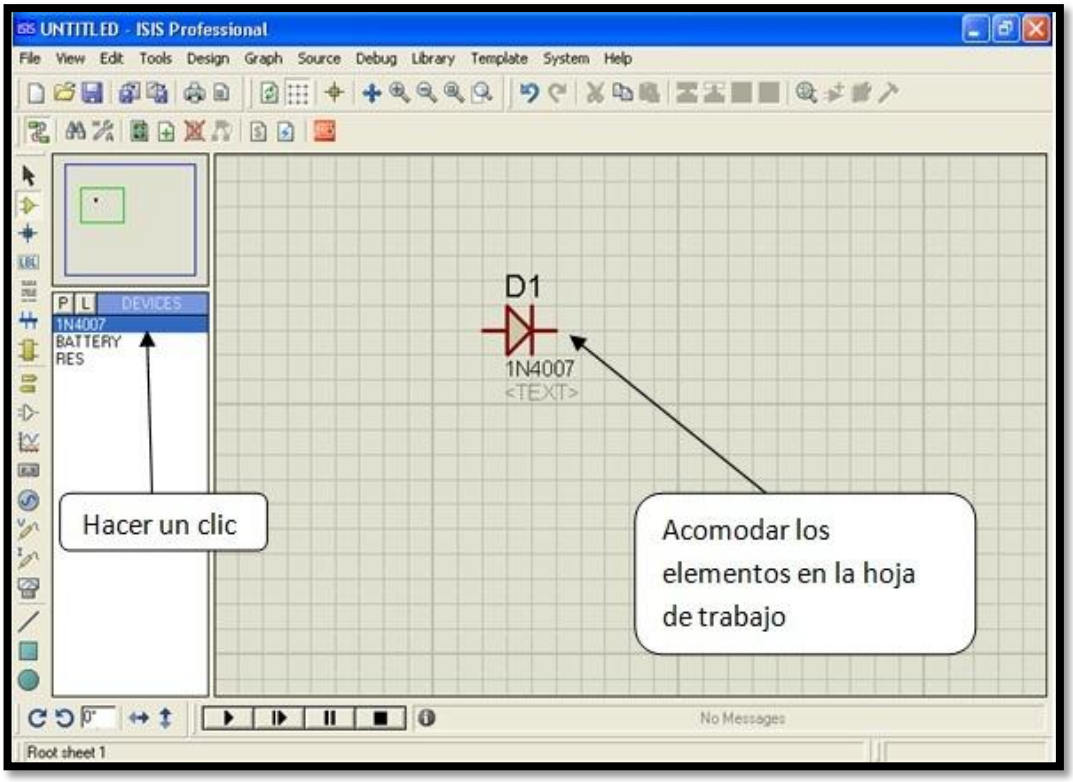


Figura 2.10 Montaje de Elementos.

Fuente: Imagen Capturada en Proteus ISIS 7 profesional

Una vez finalizado el armado del circuito, es posible cambiar los valores de cada elemento haciendo doble clic en el valor de cada uno, de forma que las características de estos sean lo más reales posible asegurando de esta manera un desempeño óptimo.

Figura 2.11 Modificación de Propiedades de Elementos

Fuente: Imagen Capturada en Proteus ISIS 7 profesional

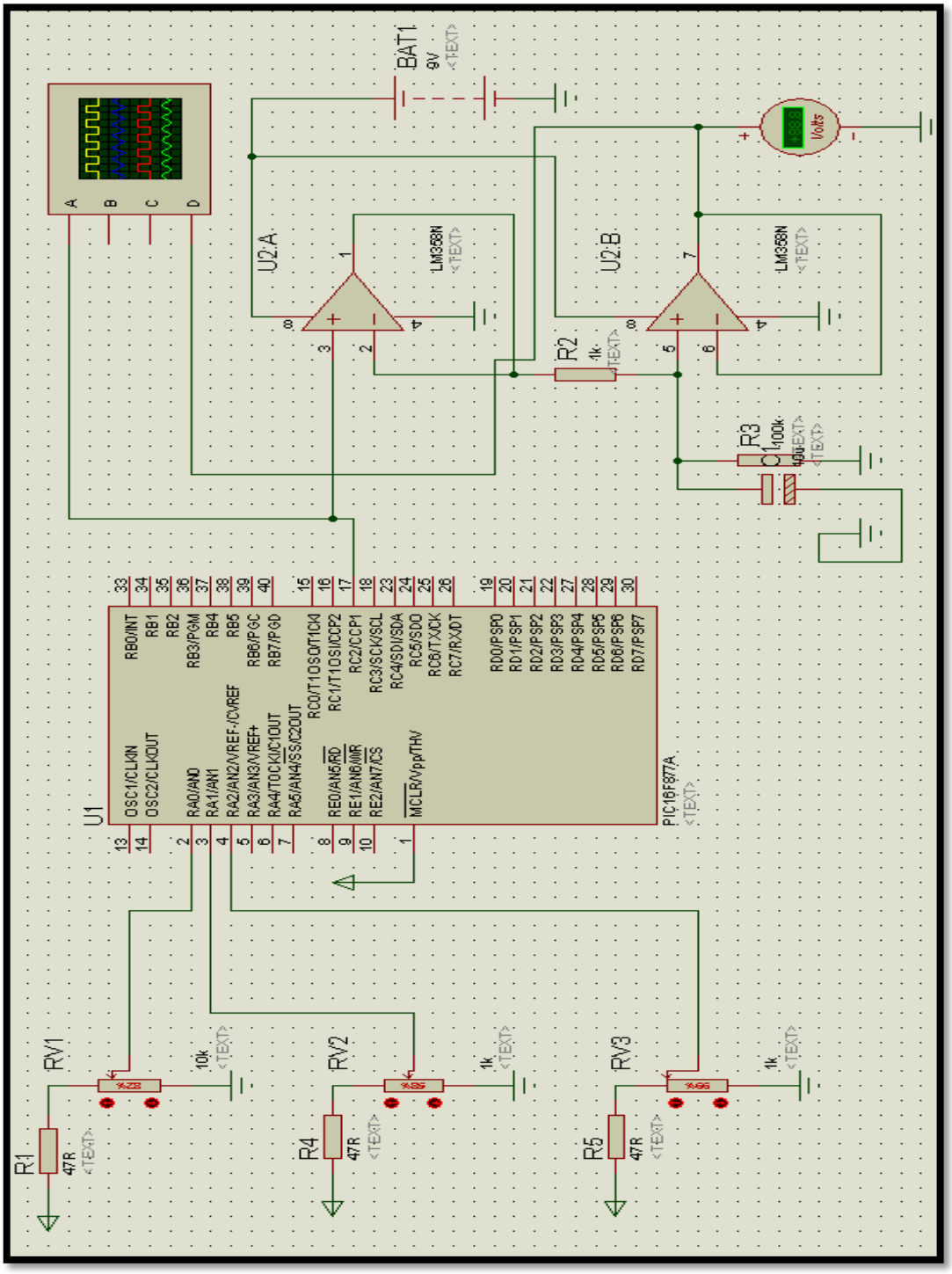


Figura 2.12 Diagrama de Simulación en PROTEUS.

Resultado de la simulación en Proteus, se obtuvo las gráficas siguientes. En el canal A (de color Amarillo) se puede observar una onda cuadrada cuyo rango va desde 0V hasta un valor máximo de 5V. Mientras que en el canal D (color verde), tenemos la gráfica resultante de promediar los tres valores de temperatura,

variados en la simulación por medio de potenciómetros. En la figura 2.13 se muestran el osciloscopio y las gráficas de temperatura simulada en Proteus.

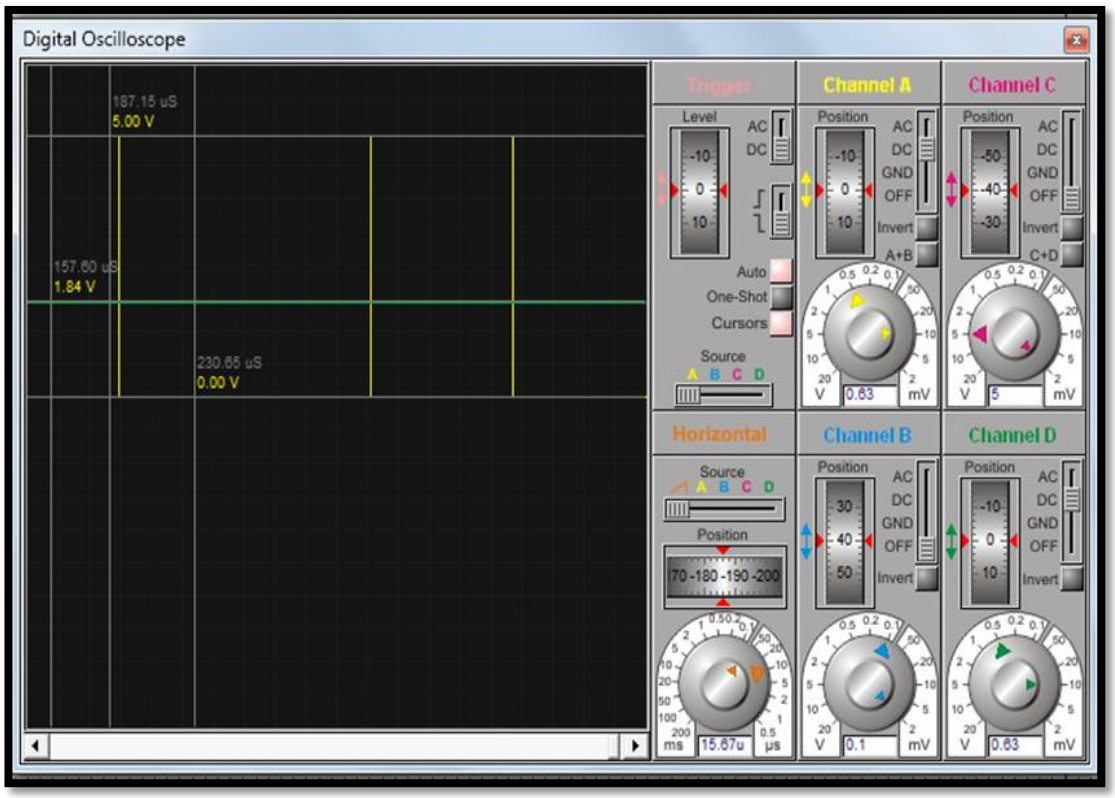


Figura 2.13 Graficas de Temperatura Simuladas en Proteus.
Fuente: Osciloscopio Propio del Entorno de Proteus Profesional

2.1.3. Programación en Microcode Studio

Microcode Studio es un entorno de desarrollo integrado, diseñado exclusivamente para facilitar la programación de los microcontroladores PIC, los procedimientos para programar son muy sencillos, primero seleccionar el modelo del PIC (16F628A, 16F877A, etc.), escribir el programa, guardar bajo un nombre y por último presionar el botón compilar, si el programa está bien escrito y sin fallas compilará y mostrará en la parte inferior izquierda el espacio que requiere en el PIC, enseguida se crean automáticamente tres archivos: (.mac, .asm y .hex), este último es el más importante para el PIC y es el que se debe grabar en el microcontrolador. En la figura 2.14 se muestra las partes más importantes del entorno de Microcode Studio.

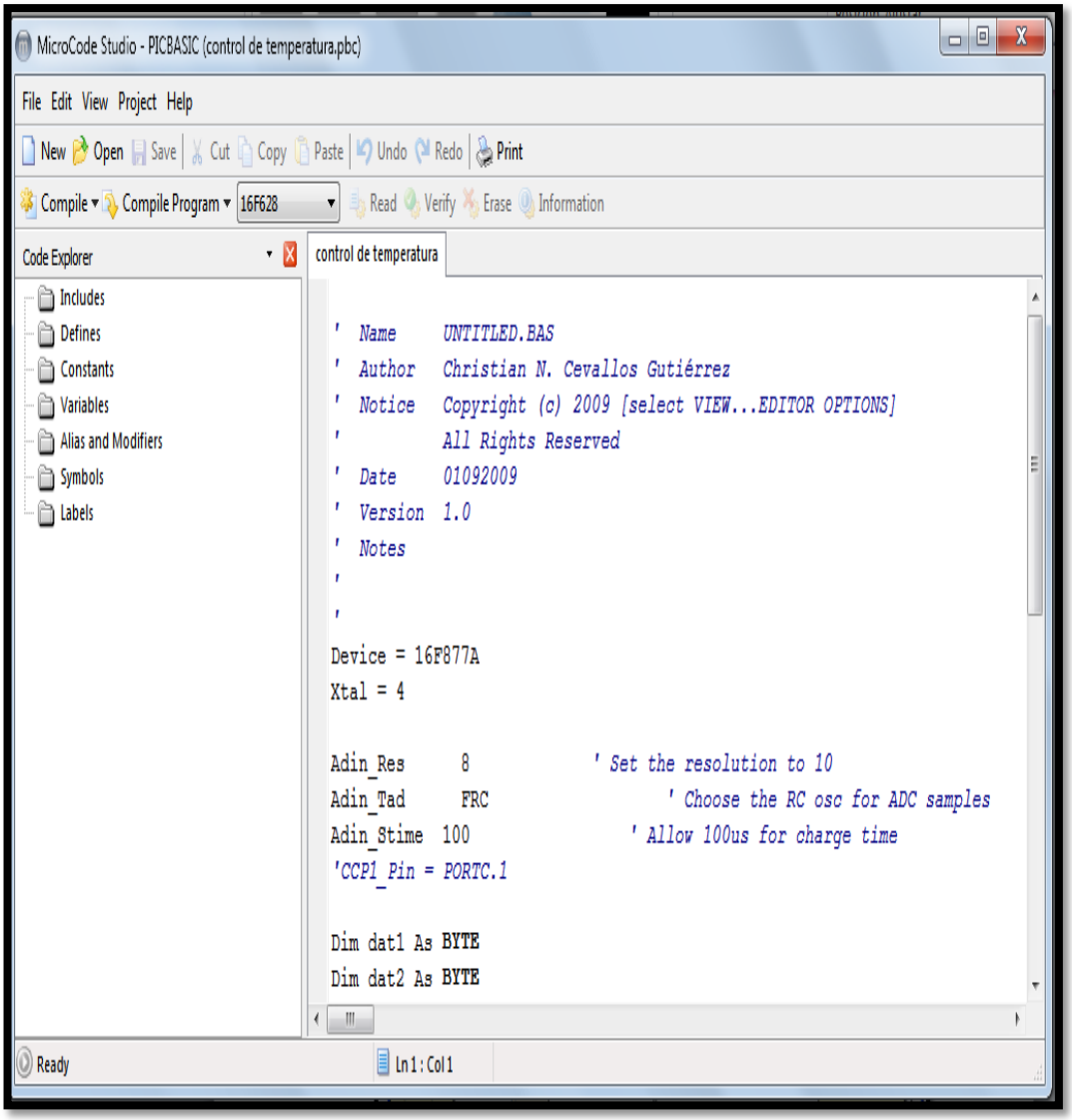


Figura 2.14 Partes importantes del Entorno de MicroCode Studio.

- **Modelo de Microcontrolador PIC.-** Esto es lo primero que se debe seleccionar antes de empezar a programar, seleccionar de acuerdo al modelo de PIC que se va a programar sea este 16F627, 16F627A, 16F628, 16F628A, 16F818, 16F819, 16F84A, 16F877A, etc.

- **Compilador.-** Estos 2 botones sirven básicamente para compilar el programa y crear el archivo. asm, .mac, y el .hex, este último sirve para grabar en el micro, el .mac sólo sirve para el PicBasic Pro y el .asm.

- **Compile Only - F9** este primer botón sirve para compilar, es decir el programa lo cambia a ensamblador y crea el .hex, más adelante se verá cómo trabaja.

- **Compile and Program - F10** este botón tiene doble función, aparte de hacer lo mismo que el botón anterior, es decir compilar, también puede llamar al programador IC Prog, con la finalidad de ahorrarnos tiempo y no tener que abrir por separado, es aconsejable utilizarlo una sola vez, y una vez que el programador IC Prog ya está abierto, en adelante sólo se debe utilizar el botón Compile Only F9.

- **Buscador de códigos.-** Aquí se van adicionando cada vez que se crea una variable, al incluir un define, o crear algún nombre de línea, sirve para saber qué componentes incluyen en el programa y también como buscador de líneas, para esto basta con dar un clic en el nombre de la línea que desea encontrar y automáticamente le indicará donde está dicha línea.

- **Número de línea del programa.-** Esto por defecto no viene habilitado, debe habilitarlo previamente, y es muy útil a la hora de encontrar errores, porque le indica el número de la línea en donde se halla un error. Este no es el tamaño en líneas que ocupa el PIC, sino el que ocupa en el programa Basic.

- **Programa del microcontrolador.-** En esta parte es donde se debe escribir el programa, MicroCode reconoce palabras clave como VAR, HIGH, LOW, PAUSE, etc., y los pinta con mayúsculas y negrillas, por lo que no se debe utilizar estas palabras como nombres de subrutinas o variables.

- **Espacio que ocupa en el PIC.-** Es el espacio que se necesita dentro de la memoria FLASH del PIC y aparece una vez que se compila el programa; es importante fijarse si el Pic utilizado ofrece el espacio necesario para la aplicación a desarrollar, o se debe reemplazar por otro de mayor capacidad.

  - El PIC 16F628A tiene un espacio disponible de 2048 palabras.
  - El PIC 16F874 tiene un espacio disponible de 4096 palabras.
  - El PIC 16F877A tiene un espacio disponible de 8192 palabras.

- **Comentarios.-** Es recomendable usar comentarios todo el tiempo, ya que alguien podría necesitarlo o dentro de un tiempo no se recordará ni cómo se hizo ni cómo funciona, ni para qué servía tal instrucción. Los comentarios se crean anteponiendo un punto y coma (;), noten que el texto cambia de color de negro a azul y del tipo cursiva.

- **Encabezado del programa.-** No son nada más que comentarios en los que se puede incluir: nombre, fecha, autor, y una explicación en breves palabras de cómo y para qué sirve el programa. También se puede hacerlo modificando en View / Editor Options / Program header, aquí se puede colocar el nombre del autor y la empresa para que aparezca automáticamente cada que abra una nueva página.

- **Identificación de Errores en la Compilación-**En el momento que se compila un programa MicroCode Studio realiza una verificación previa del mismo.

MENSAJE	EXPLICACION
Sintaxis Error	Error de Sintaxis, mal escrito
Bad Expresion	mala expresion
ID pep is not a LABEL	nombre de linea incorrecta
For without a matching next	falta un next.
nex without a matching for	falta un for
undefined symbol "portc"	puerto que del que no dispone el pic.
80000 numeric overflow	exeso del valor limite
bad token ","	no se coloco el numero en el pic.
undefined symbol "cncom"	no existe el registro en ese pic.

Tabla 2.2 Principales Errores en Microcode Studio.

Si existen errores MicroCode señala el primer error que encuentra con una franja café, luego en la parte inferior menciona los demás errores con el número de línea y su explicación, por eso se recomienda activar la opción que muestra el número de línea de programación, ver figura 2.15.

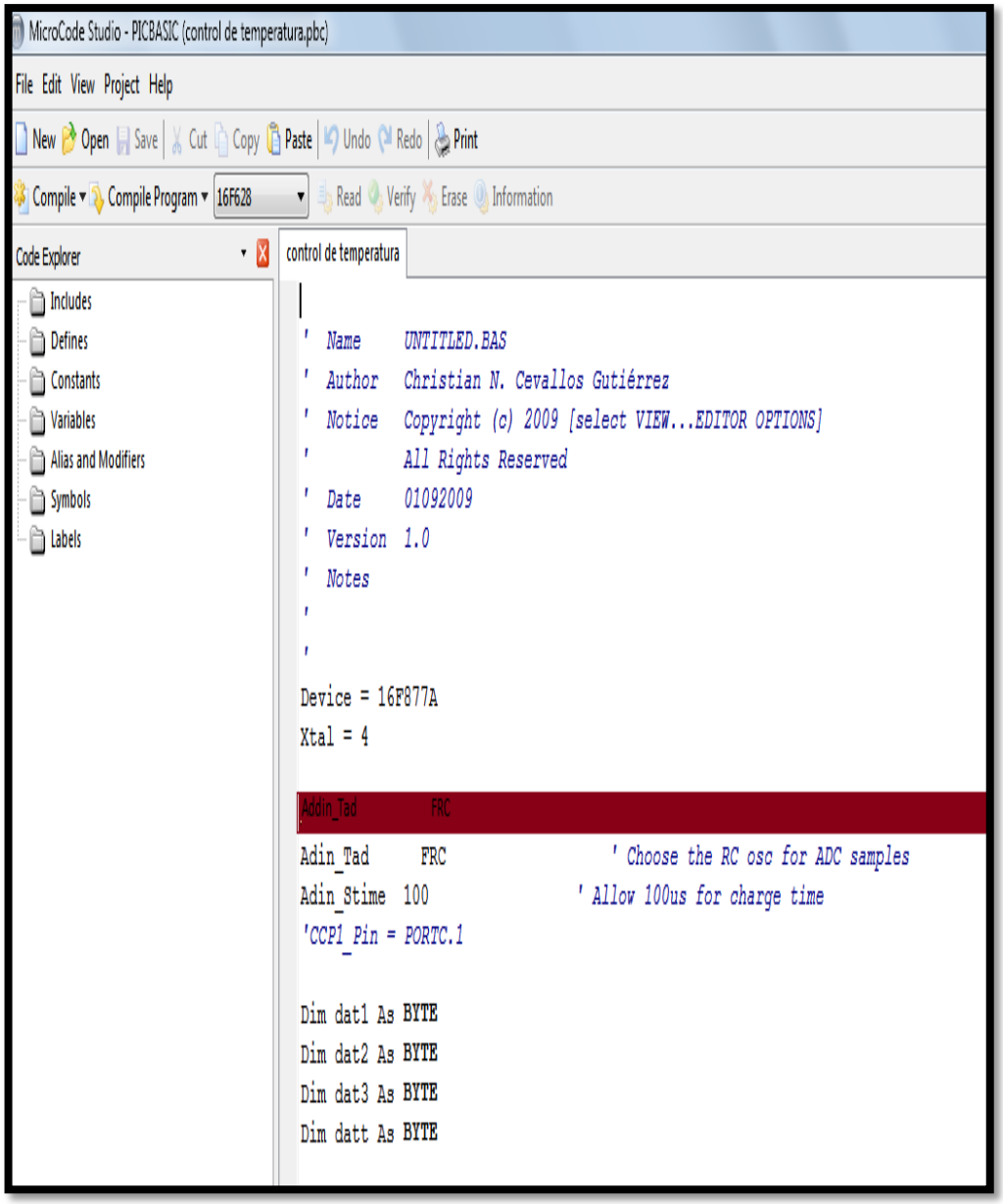
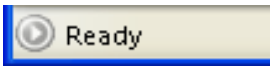
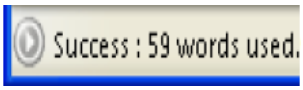


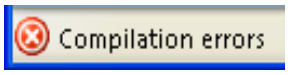
Figura 2.15 Muestra la identificación de error en Microcode.

2.1.4. Programación del pic16f877a con Microcode Studio

El procedimiento para programar correctamente el PIC con MicroCode Studio es seleccionar el PIC16F877A o el modelo que se vaya a programar; luego se escribe el programa y posteriormente se comprueba si el programa está bien escrito; para ello se presiona el icono Compile Only o pulse la tecla F9, observar en la parte inferior izquierda como cambia el color del círculo:

	Círculo plomo **Ready**, mientras está escribiendo el programa.
	Círculo verde **Compling**, mientras está compilando el programa con PBP.
	Círculo amarillo **Assembling**, mientras genera el código ensamblador y el .hex
	Círculo plomo **Success**, finalizar y nos da el tamaño que necesita en el PIC.

En el caso de que el programa este mal escrito o presente algún otro error, aparecerá:

	Círculo rojo **Complilation errors**, indica error en la compilación

Una vez realizados todos los procedimientos para la correcta ejecución de la subrutina, en el microcontrolador, se obtiene un código libre de errores y apto pata ser cargado en el microcontrolador. La figura 2.16 muestra el código utilizado para el sensor de temperatura.

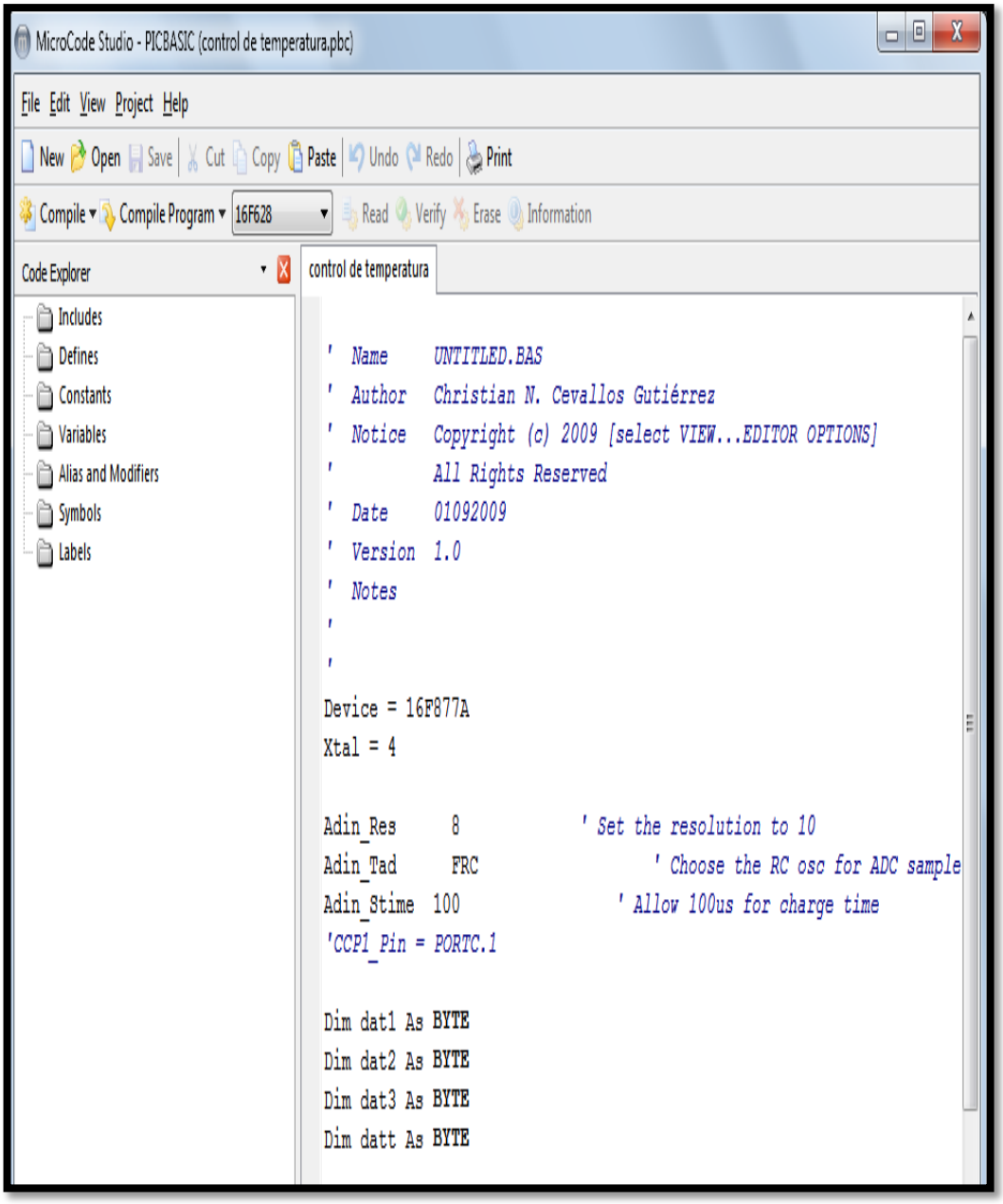


Figura 2.16. Programa Control de Temperatura.

- **Grabación del Pic con IC-Prog.**

Cuando todo está bien y en la parte inferior izquierda de MicroCode aparece el mensaje Success: 150 words used, presionar el icono Compile and Program o pulsar la tecla **F10** MicroCode compila nuevamente la programación, finalizada la compilación se abre IC-Prog si es la primera vez se ejecuta este programa revisar.

- **Procedimiento para grabar correctamente el PIC con IC-Prog.**

Seleccionar el PIC que se va a grabar, verificar que el código de programa está sólo 3FFF; esto quiere decir que está vacío no hay ningún programa a grabar, en la figura 2.17. Se muestra un ejemplo.

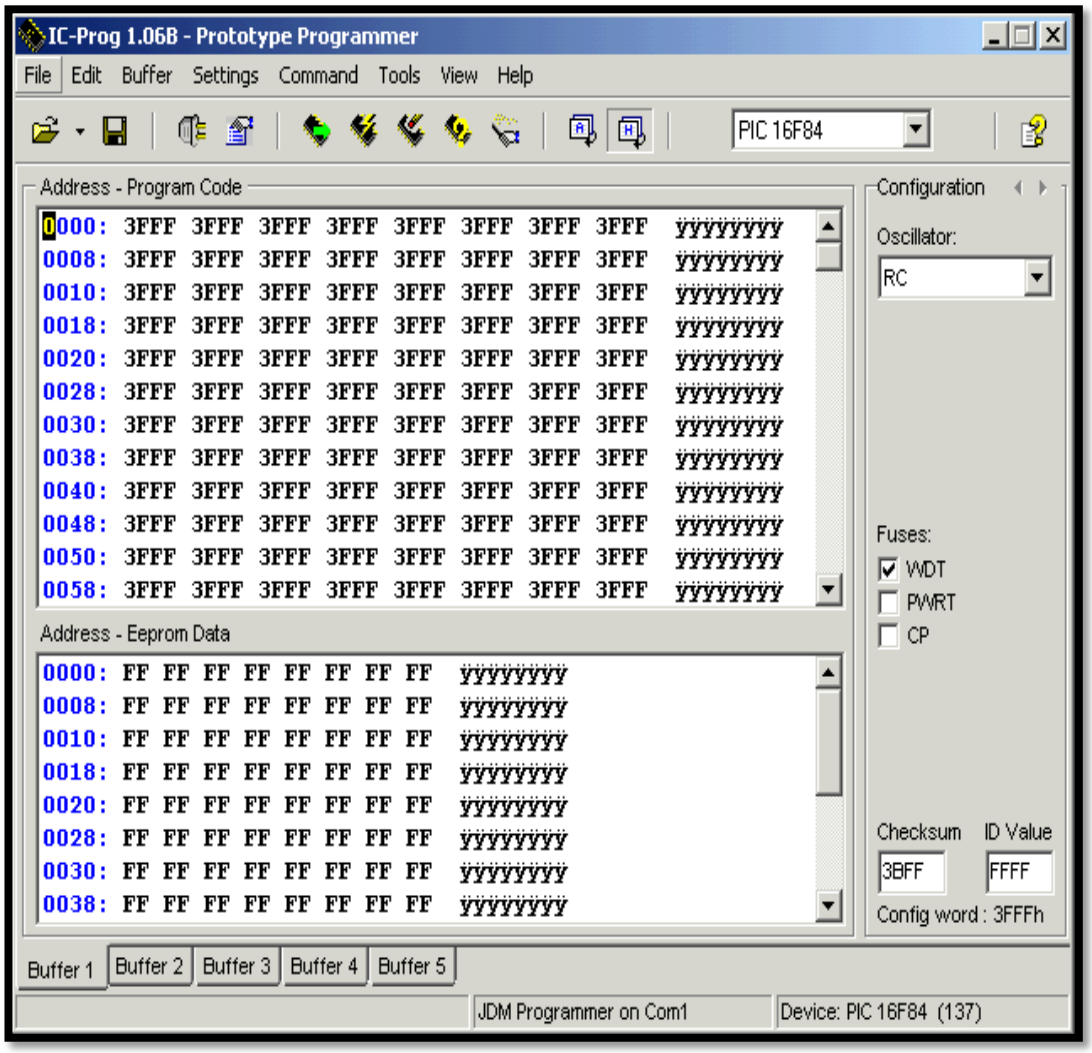


Figura 2. 17. IC Prog1.06 Grabación del Programa en el Pic 16f877A.

Para abrir el archivo que contiene el programa clic en Archivo / Abrir archivo (o pulsar el icono abrir o teclee Ctrl+O), y buscar el archivo **.hex** en el directorio en donde está guardado el archivo, dar un clic en abrir e inmediatamente ver que el código ha enviado por algunos números, este es el programa que el PIC entiende, la presentación será similar a la figura 2.18

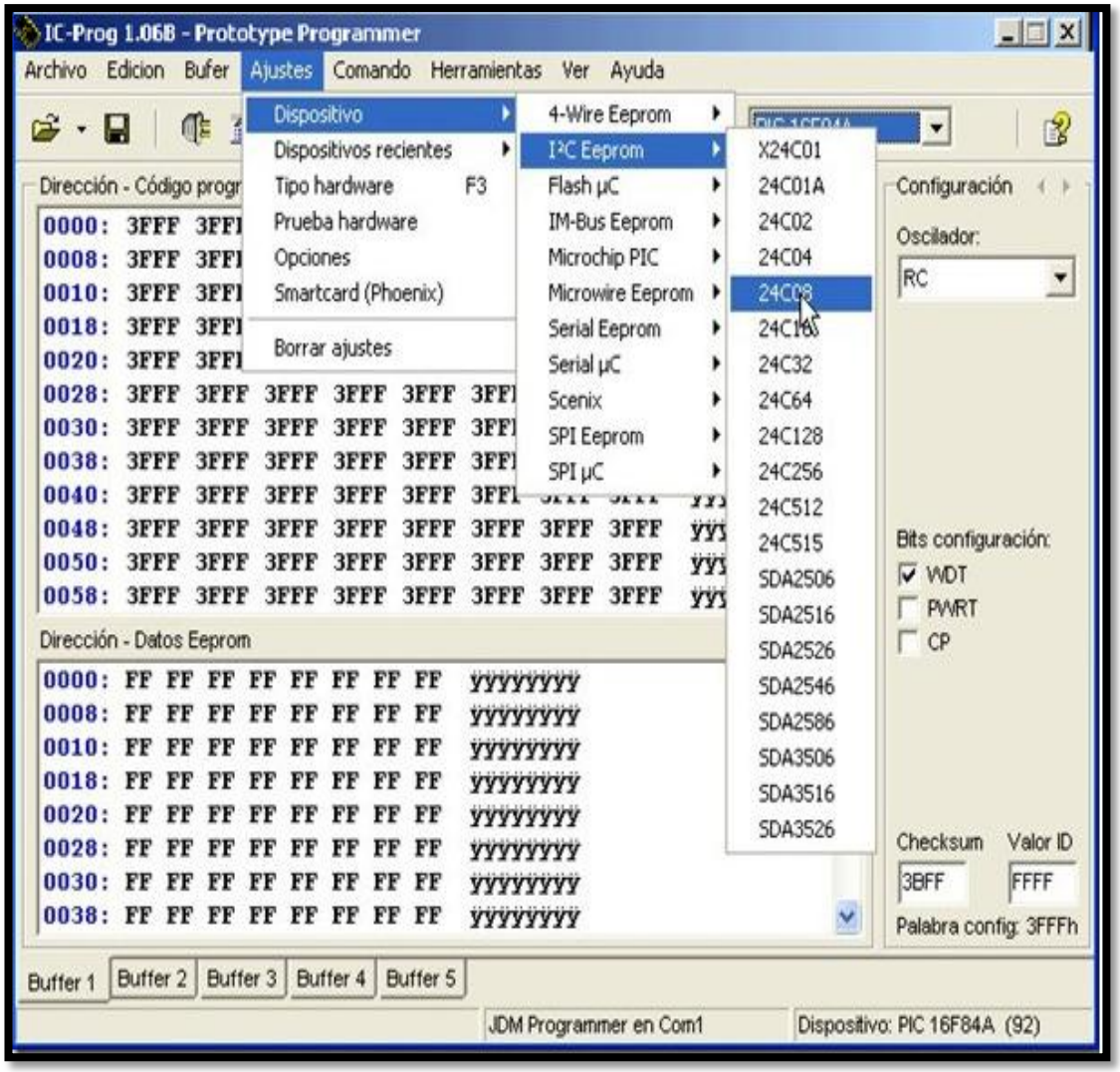


Figura 2.18. IC Prog1.06 Apertura y Carga de un Programa

Después de abrir el archivo .hex, proceder a cambiar la configuración del oscilador a IntRC I/O (oscilador interno resistencia condensador pin de E/S A6 y A7), el MCLR (reset externo) debe estar deshabilitado y la protección de código apagada, esta configuración se realiza según el ejercicio que se va a efectuar. Si ya está listo e instalado el PIC en el entrenador de microcontroladores, pulsar sobre el icono programar todo o presione la tecla **F5** y espere a que salga el mensaje de confirmación o de error. El mensaje de error se representa de las siguientes formas.

- Si el led rojo del módulo programador PIC no se encendió mientras se programaba, revisar si está conectado en el puerto COM correcto. Si el computador dispone de dos puertos COM probar cambiando al otro puerto hasta que se encienda el led rojo del módulo programador PIC. El led

indicador rojo del grabador sólo se enciende mientras se está grabando o leyendo un PIC, es posible que el led verde esté encendiéndose, esto no es un problema, simplemente no haga caso.

- Si el led rojo del grabador se enciende pero de todas maneras sale el mismo mensaje de error, revisar si el PIC está correctamente insertado en el módulo programador PIC. Si analizado los 3 puntos anteriores, continúa saliendo el mismo mensaje, es muy probable que el PIC se encuentre dañado, de ocurrir esto reemplazar por otro e intentar grabar nuevamente.

2.1.5. Diseño y construcción del circuito impreso en EAGLE 5.6.0 Light

Una vez simulado y comprobado en adecuado funcionamiento del sistema de adquisición de datos, para el control de temperatura, se procede el diseño del circuito impreso y posteriormente el ruteado de la placa. Para esta tarea existe una gran variedad de software de donde se optó por un software libre, EAGLE 5.6.0 Light que permite de forma rápida y segura construir el circuito PCB a utilizar. En el 'Control Panel' del Eagle se crea un nuevo proyecto con el botón derecho del ratón como se muestra en la figura 2.19.

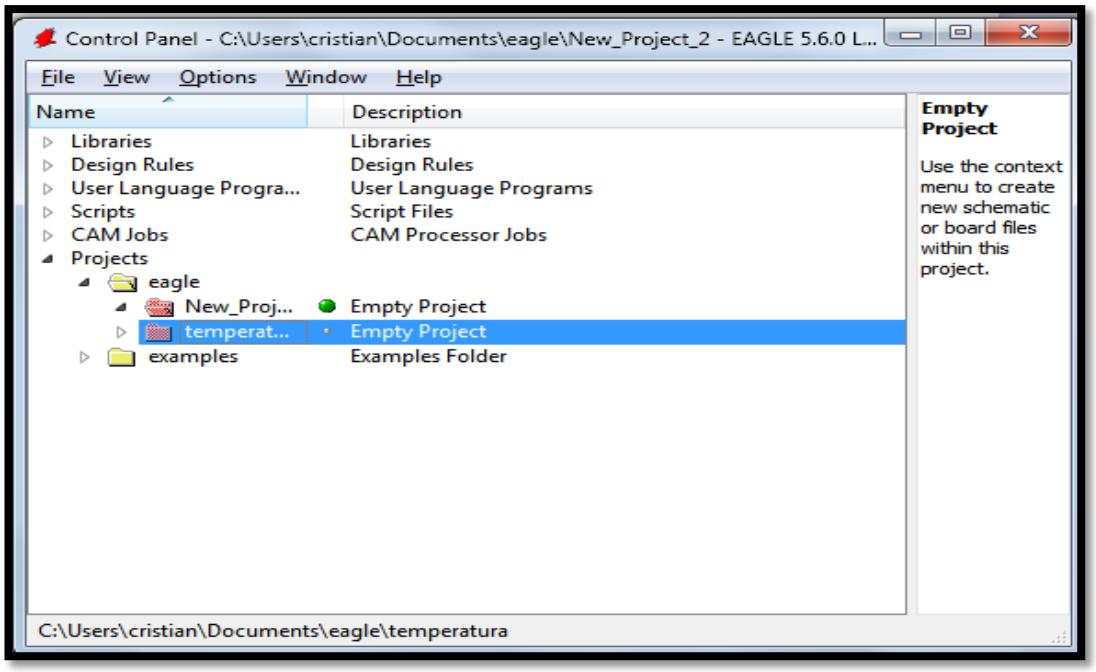


Figura 2.19. Creación de un Proyecto en Eagle 5.6.0, Panel Principal.

Fuente: Programa EAGLE 5.6.0

Una vez terminado el proceso de renombrado del proyecto se crea el esquema del circuito, en el proyecto anteriormente seleccionado, como se describe en la figura 2.20 mostrada a continuación. Posteriormente se seleccionan los componentes que se utilizaran, los mismos que están ordenados y guardados en librerías; por lo que se debe hacer una selección de las librerías a utilizar como en la figura 2.21. Para esto, seleccionamos en la opción Library el botón use y se desplegara una ventana en la cual se puede seleccionar la librería deseada.

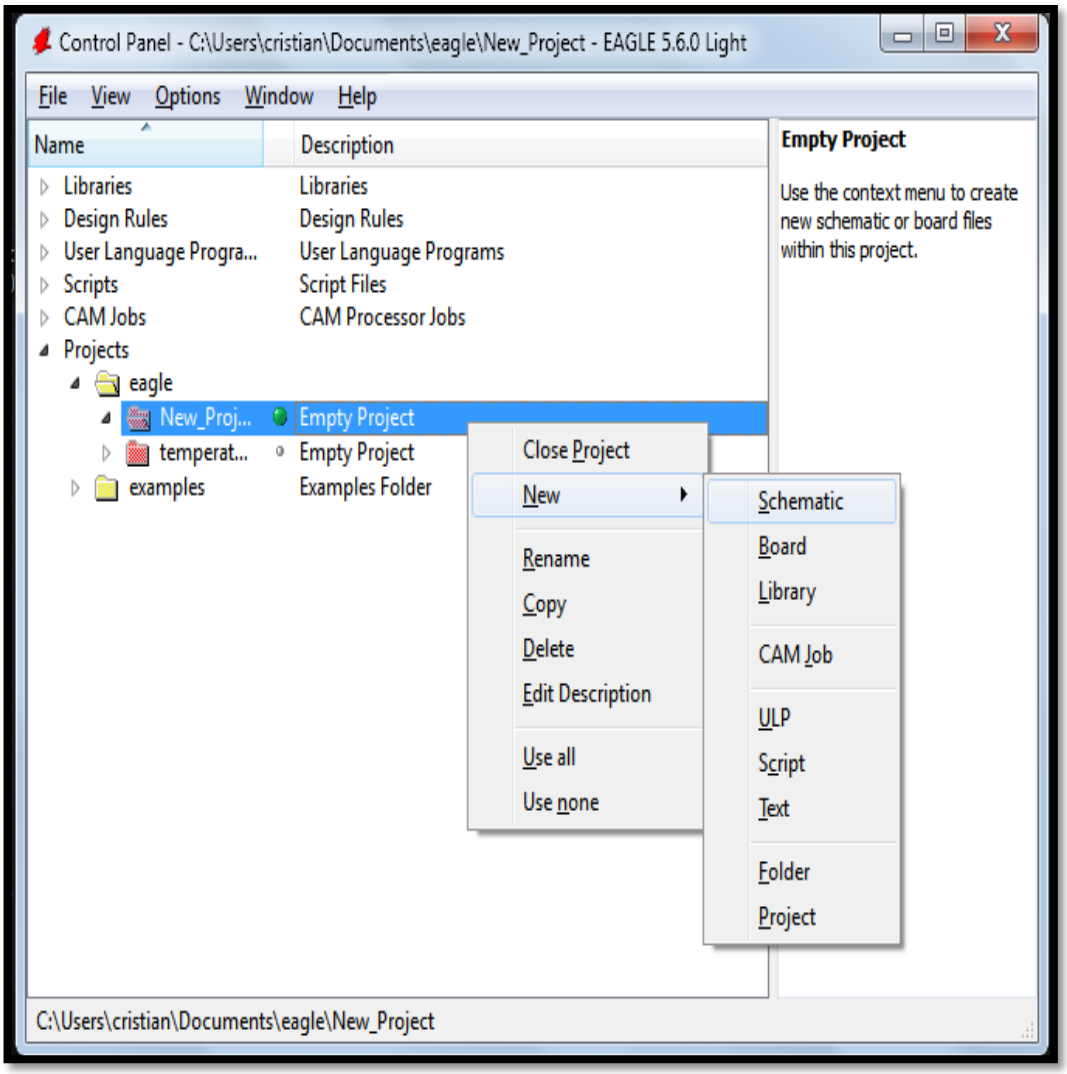


Figura 2.20. Creación del esquema del circuito impreso en EAGLE 5.6.0

Fuente: Programa EAGLE 5.6.0

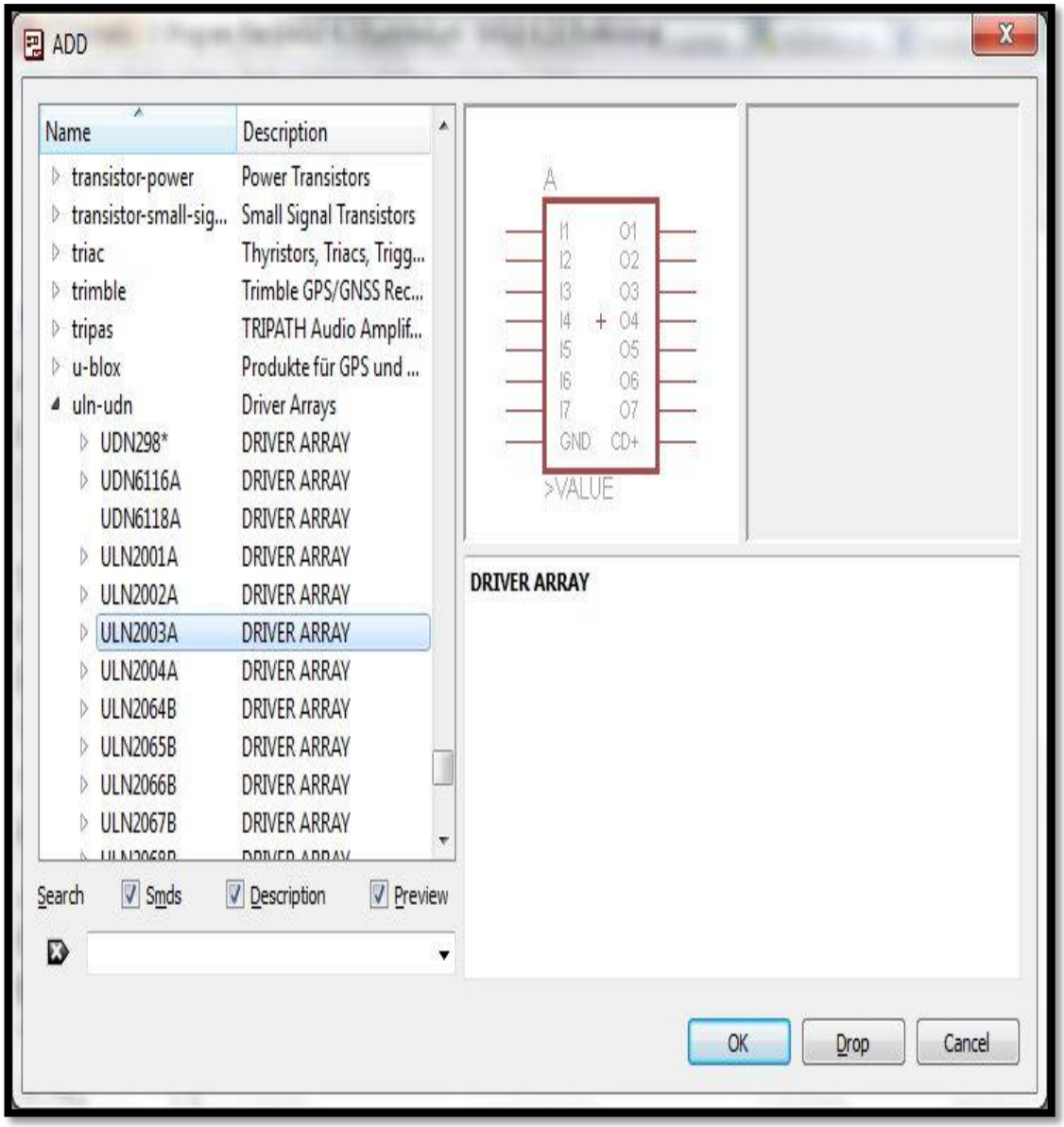


Figura 2.21 Selección de librerías para Elaboración del Circuito Esquemático en EAGLE5.6.0.

Fuente: Programa EAGLE 5.6.0.

Ahora se colocan los elementos de la siguiente manera, en la ventana del circuito esquemático se busca la opción Add y seleccionamos los componentes a utilizar. En la figura 2.22 se describe gráficamente la forma de colocar los componentes para el circuito esquemático.

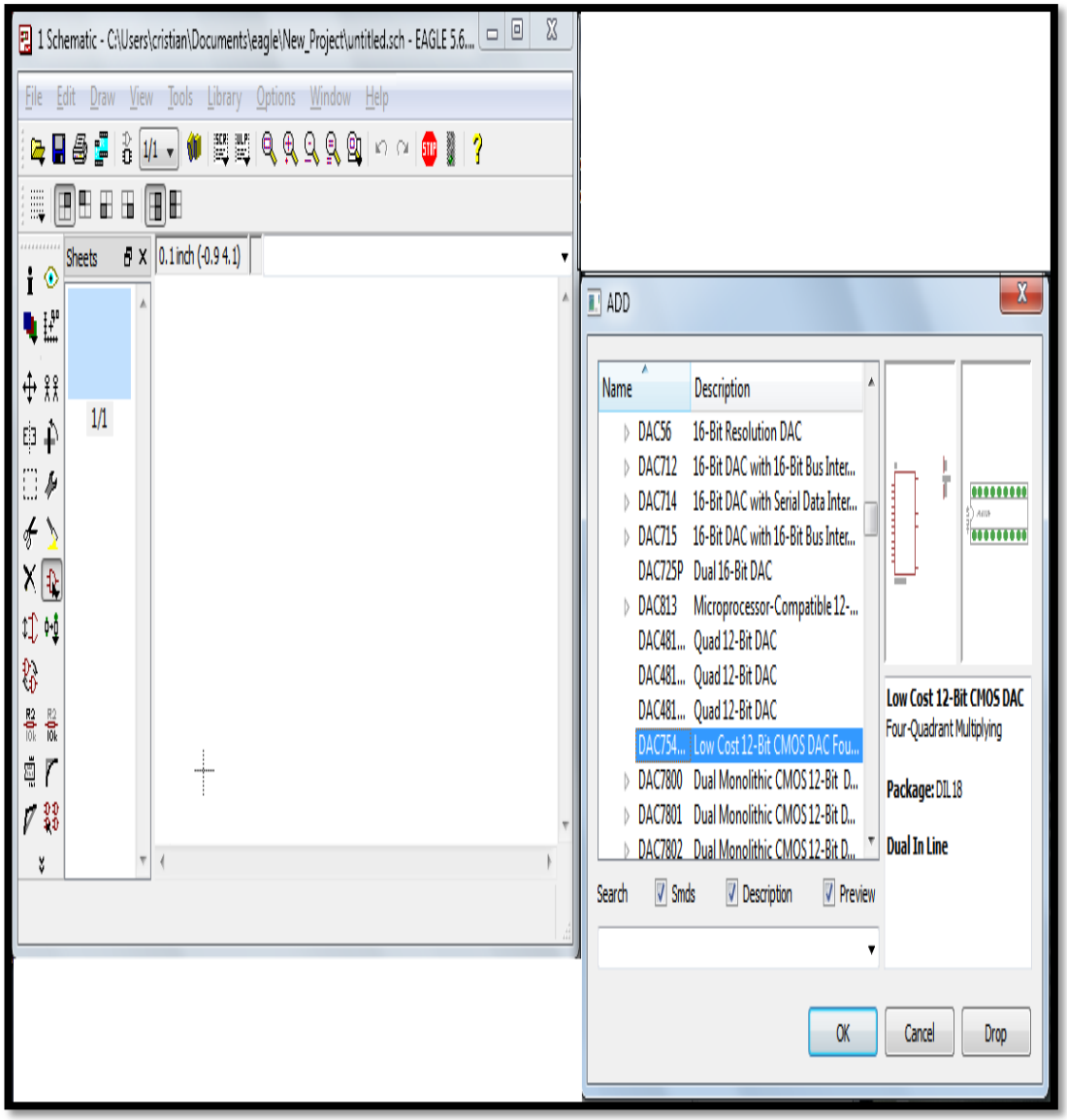


Figura 2.22 Selección de Componentes para el Circuito Esquemático en Eagle 5.6.0

Fuente: Programa EAGLE 5.6.0

De esta manera se procede con todo los componentes, colocando sus valores, agregando textos y conectándolo entre si hasta que el circuito esquemático quede completamente terminado y listo para continuar con las siguientes etapas de la creación de las placas. En la figura 2.23 se muestra el circuito esquemático para el control de temperatura terminado.

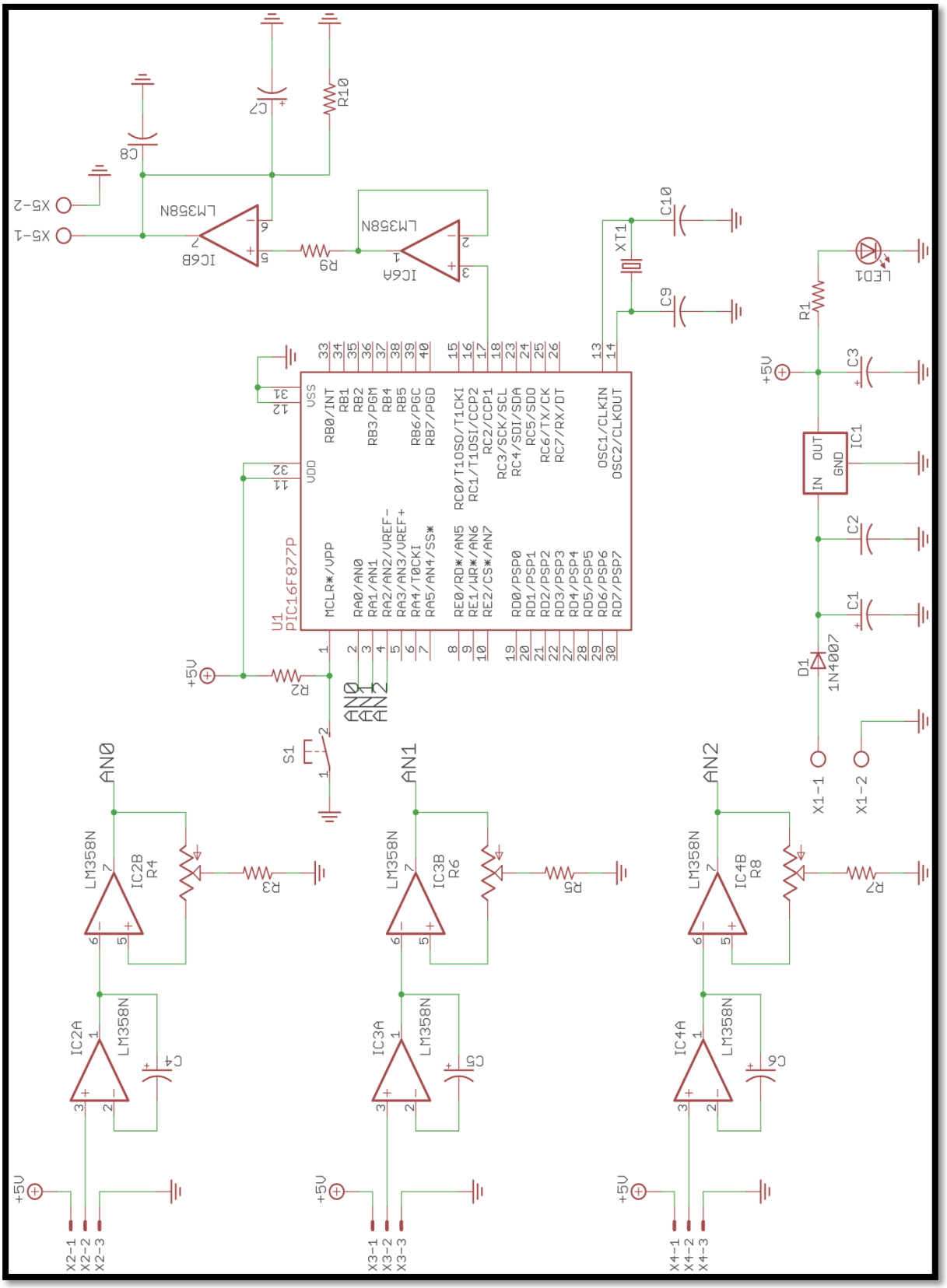


Figura 2.23 Circuito Esquemático para el Control de Temperatura

Fuente: Programa EAGLE 5.6.0

Con el circuito esquemático terminado, la siguiente etapa es la construcción del Board o diseño del circuito impreso. En la ventana del circuito esquemático se ubica el puntero del mouse en el icono Board con lo cual se despliega una nueva ventana; la ventana de diseño de la placa con los componentes fuera de ella. Se debe mantener abierta la ventana del esquema para que el diseño del esquema y de la placa sean consistentes y los posibles cambios en una se reflejen en el otro. Las líneas que unen los componentes corresponden con las uniones que se han hecho con los hilos en el esquema, lo que será de gran ayuda a la hora de dibujar las pistas de la placa. A continuación la figura 2.24 muestra la forma de ubicar los componentes para un correcto ruteo.

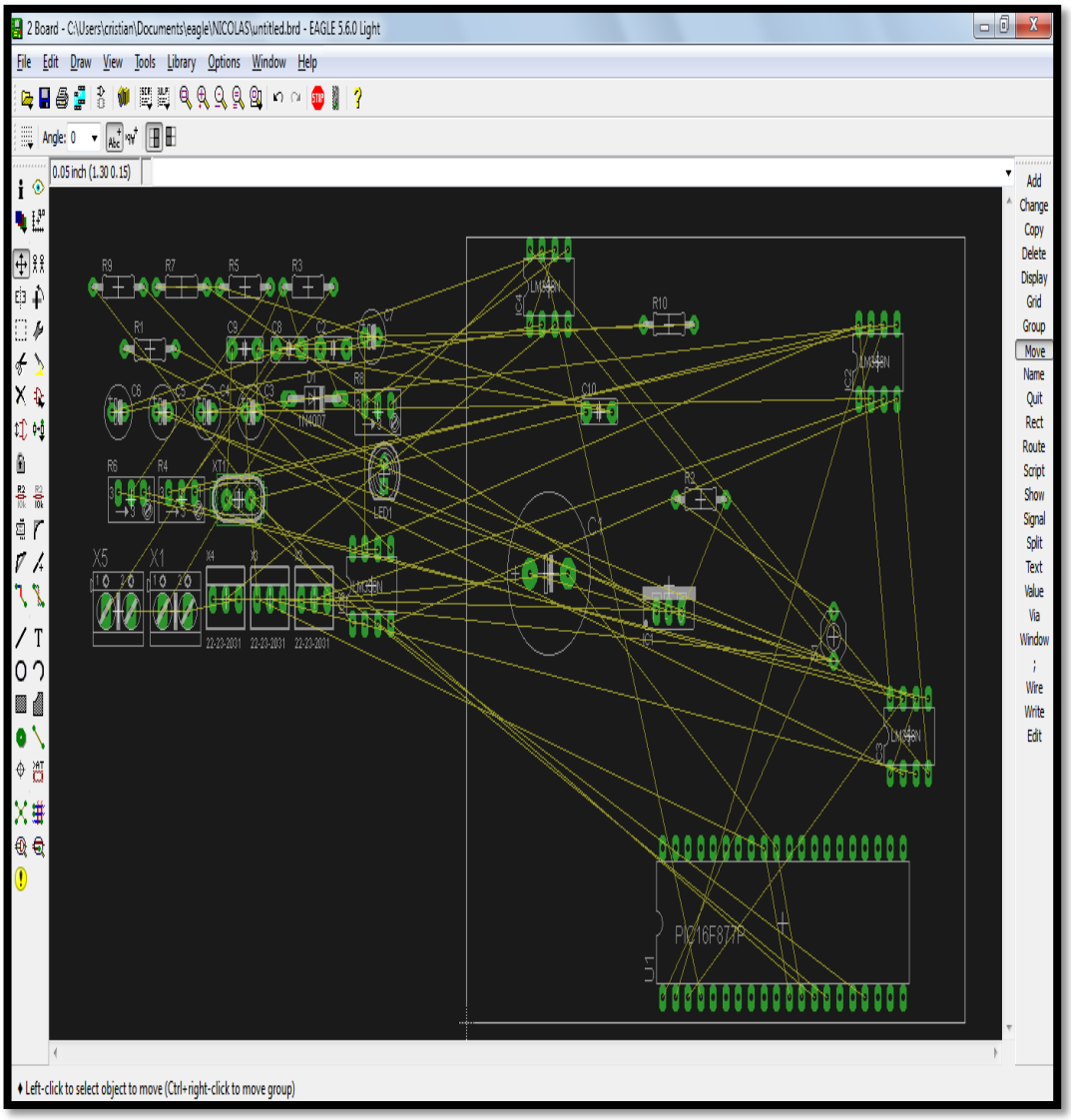


Figura 2.24 Ubicación de Componentes para el Diseño de la Placa

Fuente: Programa EAGLE 5.6.0

Posteriormente se hace un trazado automático de las pistas con la opción Auto en el botón Tools, como la placa será de simple cara se indica que por la cara superior no se tracen pistas y por la inferior lo haga en cualquier dirección. Al finalizar la operación Eagle entregara un resultado como el que la figura 2.25 muestra. Para mejorar el trazado de las pistas se puede recurrir a las capas, activándolas o desactivarlas para ver lo que sea de mayor interés.

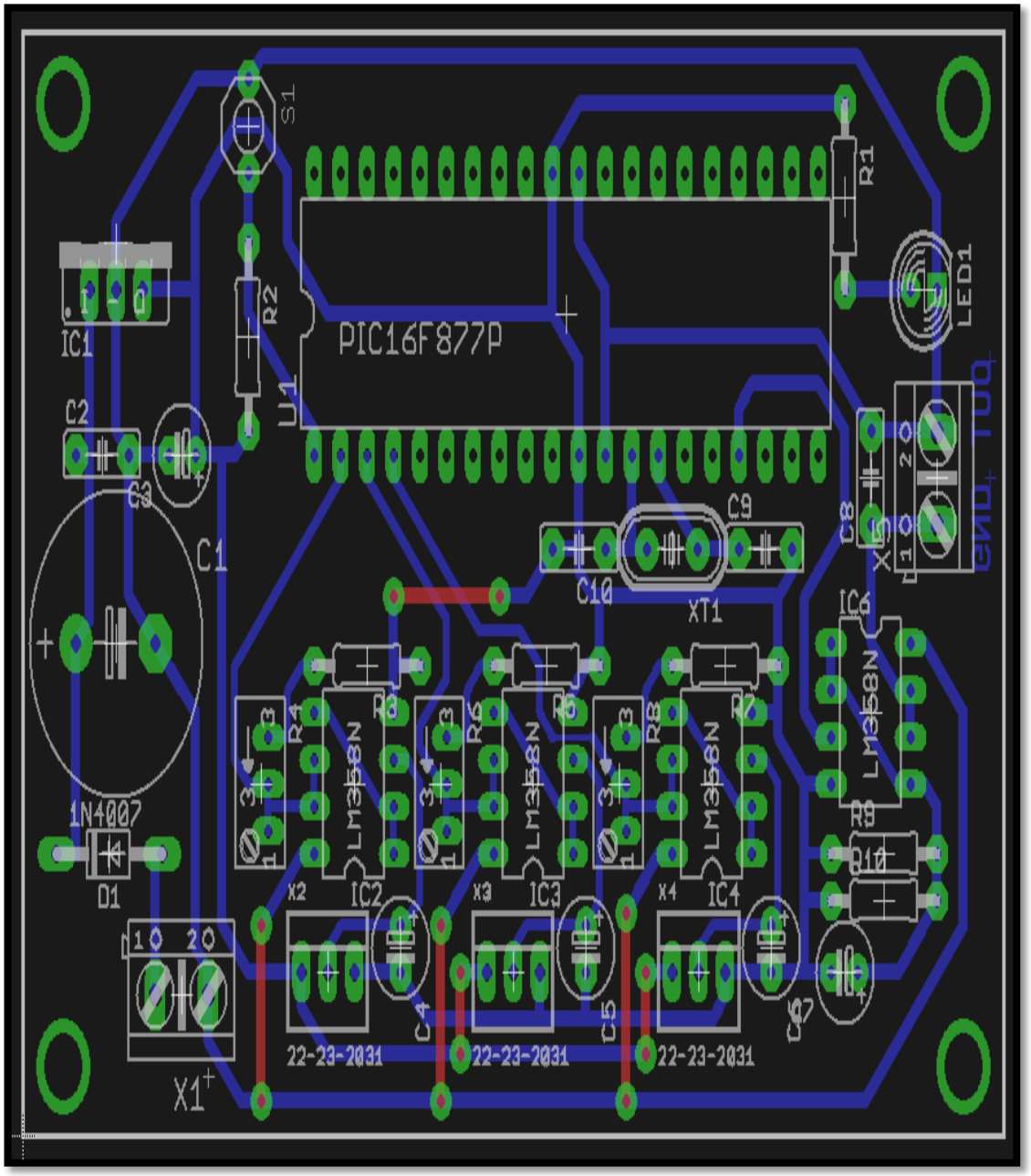


Figura 2.25 Placa Terminada para el Control de Temperatura

Terminada la parte del software se procede a la elaboración física del interface para la temperatura; se elaborada la placa y se colocan los elementos. En la figura 2.26 se muestra el interface para el sensor de temperatura terminado.

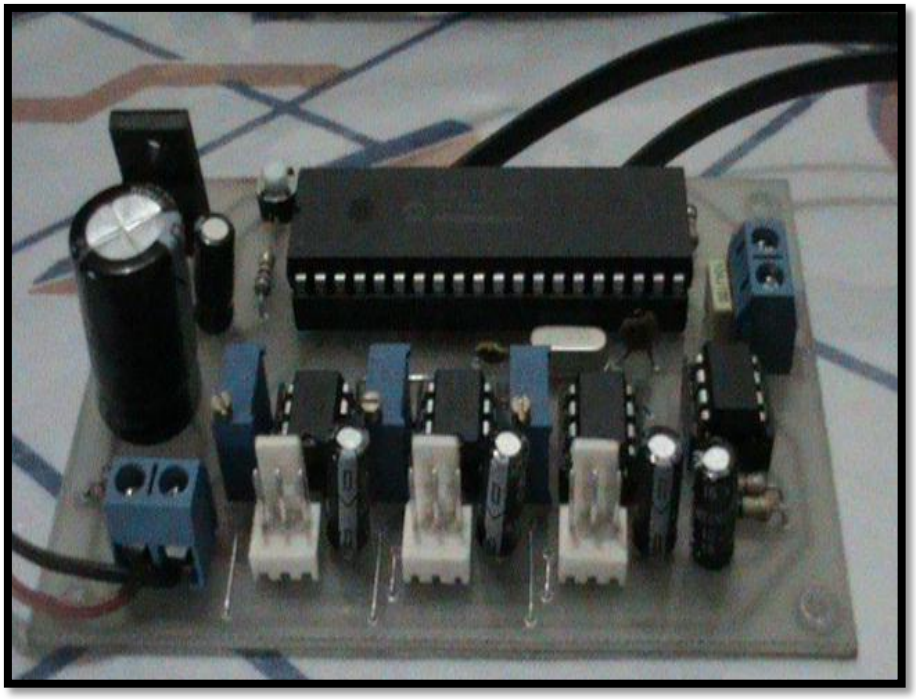


Figura 2.26 Circuito de Interface para el Sensor de Temperatura

2.2. Sistema de Recolección de Huevos, Estiércol (gallinaza) y Sistema de Alimentación con Transportadores de Banda.

Los sistemas de recolección de huevos y recolección de estiércol son dos puntos muy importantes dentro de este proyecto ya que permite un significativo ahorro, tanto en tiempo como en recursos. Disponer de sistemas de recolección de huevos y desechos adecuados, es hoy en día una parte fundamental para la gestión en naves de ponedoras y reproductoras, ya que garantizan:

- Salubridad.
- Ahorro de tiempo y mano de obra.
- Mejor calidad de huevos, es decir, más limpieza y menos huevos rotos o fisurados.

2.2.1. Sistema de Recolección de Huevos.

Los sistemas de recolección de huevos deben cumplir expectativas de los productores en lo que respecta a factores determinantes en esta industria como son:

- Transporte cuidadoso de los huevos.
- Manejo sencillo.
- Alta fiabilidad.

El sistema a implementarse en este proyecto es un sistema de recolección de huevos piso por piso; así una bandeja recolectora, partiendo siempre desde una posición inicial, se desplaza verticalmente para la recolección de los huevos. La recolección se realiza nivel por nivel de forma independiente y sistemática, las veces que el productor crea convenientes y en el horario a elegir. En la figura 2.27 se muestra una vista frontal del sistema de recolección de huevos piso por piso.

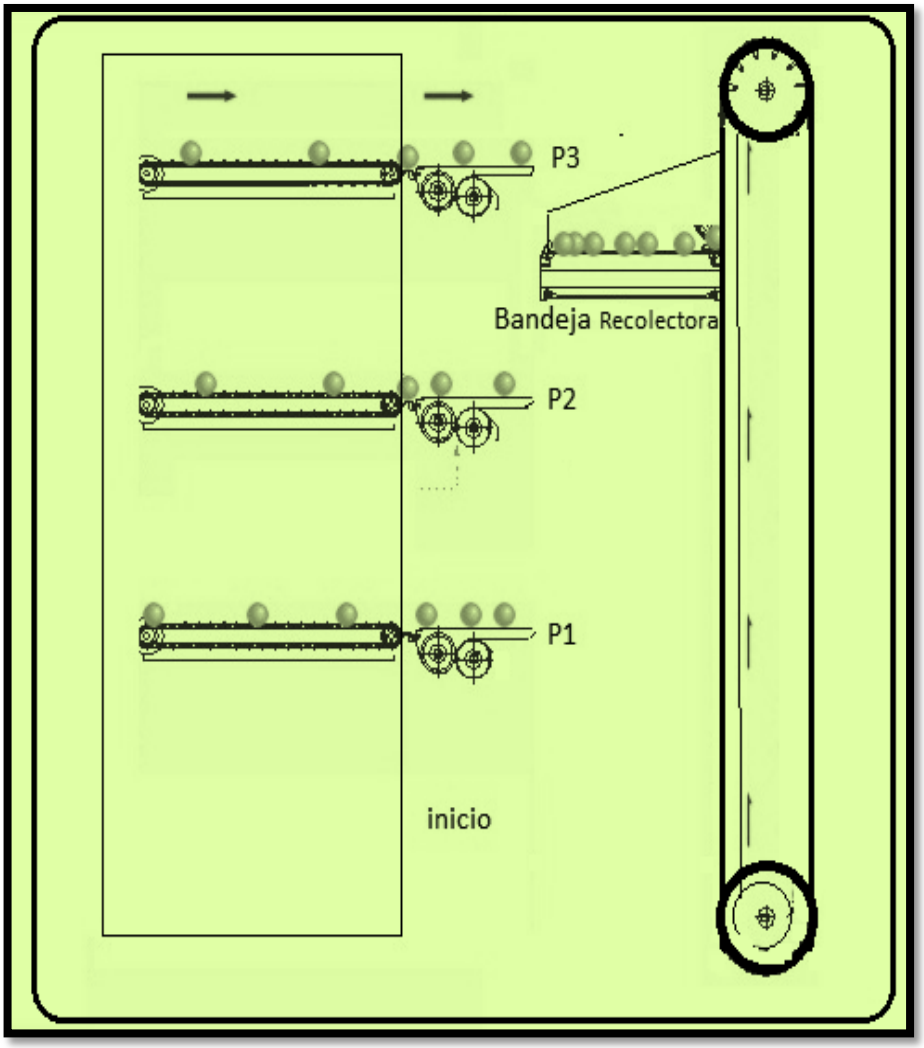


Figura 2.27 Sistema de Recolección de Huevos Piso por Piso.

2.2.1.1. Descripción del sistema de recolección de huevos piso por piso.

El sistema piso por piso es un método de recolección simple y efectivo para naves de mediana y pequeña producción, consta básicamente de bandas trasportadoras que se encargan de mover los huevos hasta una bandeja recolectora; la cual está sujeta a un motor, por medio de cadenas y engranajes, que permite que esta se desplace verticalmente hasta cada uno de los pisos de jaulas en donde se recolectara la producción diaria. En el proceso de recolección la bandeja recolectora parte desde un punto inicial, en la parte inferior de las jaulas, pasando posteriormente uno a uno, hacia los niveles superiores hasta llegar al último piso y finalmente regresar a su posición inicial. Esta secuencia se inicia con una señal enviada desde el módulo de adquisición de datos My DAQ hasta un microcontrolador que se encarga de controlar los motores que mueven las bandas y la bandeja recolectora. Para determinar la posición de la bandeja recolectora se utiliza un conjunto de sensores, opto-acopladores que al detectar la bandeja recolectora en un piso, envían una señal de aviso al microcontrolador y este manda a funcionar las bandas transportadoras de huevos en ese piso.

Sistema de Recolección de Estiércol.

El manejo y eliminación de estiércol en las naves de producción aviar resulta ser otro de los principales problemas a los que se enfrenta el sector avícola, sobre todo en granjas ubicadas en las cercanías de sectores urbanos y poblados, siendo en muchos casos el motivo del cierre de muchas explotaciones. Así mismo, aunque la gallinaza puede considerarse un subproducto con numerosos usos potenciales, suele tratarse como un residuo cuya eliminación tiene un costo adicional para el avicultor, sin dejar de lado el hecho de que la gallinaza es una fuente de contaminación al interior de la nave; por los vapores y gases que esta despide.

Como se ha destacado anteriormente los gases que se desprenden de los residuos son una de las principales causas del incremento de temperatura al interior de los recintos avícolas. Las dificultades en la recolección de gallinaza en granjas dependen fundamentalmente del tipo de jaula de que se disponga. La retirada manual con pala es una forma propia de las pequeñas explotaciones que no cuentan con mecanismos automatizados. Mientras que la retirada periódica con cintas transportadoras es el sistema moderno y más eficiente pudiéndose utilizar con la frecuencia que se desee y permitiendo un procesado de los desechos en la misma nave facilitando el manejo de los mismos. En la figura 2.28 se muestra un

conjunto de bandas trasportadoras de gallinaza, montadas en un conjunto de jaulas en batería vertical.

Figura 2.28 Sistema de Recolección de Gallinaza en Bandas.
Fuente: AGRYTEC.com
Disponible en:
http://www.agrytec.com/pecuario/index.php?option=com_chronocontact&chronoformname=Dismevetkilbra].

Descripción del sistema de recolección estiércol

Consiste en una serie de cintas transportadoras, situadas debajo de cada piso de jaulas, que mueven la gallinaza hasta un ducto vertical el cual completa el recorrido de salida al exterior. Este proceso está ligado directamente con la recolección de huevos; ya que cada vez que se recogen los huevos al mismo tiempo se recoge la gallinaza, optimizando, de esta manera, los recursos. El ciclo de recolección de gallinaza es igual al ciclo de recolección de huevos.

2.2.2. Bandas Trasportadoras[5]

Conceptos Generales

Las bandas transportadoras son elementos auxiliares, cuya misión es llevar un producto de un lugar a otro de forma continua y regular. Son aparatos que

[5] NORTH, Mack, (s.a.) Manual de Producción Agrícola, 2ª. Edición

funcionan independientemente, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma permanente. Una banda transportadora es un medio para efectuar el trabajo de mover material desde un punto A hasta otro B y se basa en la transmisión de movimiento por fricción entre una banda o cinta y los rodillos accionados por un motor. En este movimiento son determinantes tanto la potencia de la transmisión como la cantidad de material transportado. La banda requiere potencia mecánica que es proporcionada por un motor. El torque del motor transforma en fuerza tangencial, llamada también tensión efectiva, a la superficie del rodillo que proporciona el "tirón" o tensión requerida por la banda para mover el material de A hacia B.

Para producir movimiento debe vencer la fricción de la banda y de los componentes en contacto con ella más la fricción de la carga. Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión. La mayoría de estos sistemas son impulsados mecánicamente aunque existen algunos tipos que emplean la gravedad para trasladar la carga entre puntos de diferente altura.

Todos estos sistemas comparten los siguientes atributos:

- Generalmente son mecanizados y cada día tienen un mayor grado de automatización.
- Establecen las rutas de procesamiento de productos.
- Pueden estar montados sobre el suelo o suspendidos del techo.
- Casi siempre están limitados a un flujo unidireccional de procesamiento, aunque pueden presentar múltiples bifurcaciones.
- Generalmente mueven cargas discretas, como piezas o botellas, aunque Algunos están preparados para cargas voluminosas o continuas.

2.2.2.1. Componentes de las bandas transportadoras

Las bandas transportadoras requieren de los siguientes componentes para funcionar eficientemente:

La estructura soportante está compuesta por perfiles tubulares, formando puentes que se fijan a su vez, en soportes estructurales soldadas en una base sólida. Los elementos deslizantes sobre los cuales se apoya la carga, ya sea en forma directa o indirecta. La cinta o banda que les da el nombre a estos equipos, tendrá una gran variedad de características, y su elección dependerá en gran parte del material a transportar, capacidad, velocidad, esfuerzo o tensión a la que sea sometida. Los elementos motrices de mayor uso en los transportadores son del tipo eléctrico, variando sus características según las exigencias a la cual sea sometido. Otros elementos que componen el sistema motriz son las poleas, los engranajes y el motor reductor. Los elementos tensores permiten mantener la tensión en la correa o banda asegurando el buen funcionamiento del sistema, los rodillos pueden funcionar como poleas y se ubican en el inicio y en el fin de la cinta transportadora, para su selección se toman en cuenta la potencia, velocidad y ancho de la banda.

2.2.2.2. Parámetros de una banda transportadora

En el funcionamiento de las bandas transportadoras se toma en cuenta parámetros como:

- **La tensión.-** es una fuerza actuando a lo largo de la cinta, tendiendo a alongarla. La tensión de la correa es medida en Newtons. Cuando una tensión es referida a una única sección de la cinta, es conocida como una tensión unitaria y es medida en Kilo Newtons por metro (kN/m).

- **El torque.-** es el resultado de una fuerza que produce rotación alrededor de un eje. El torque es el producto de una fuerza (o tensión) y de la extensión del brazo que se está utilizando y es expresado en Newton por metro (N*m).

- **Energía y trabajo.-** están relacionados muy cercanamente y están expresados en la misma unidad. El trabajo es el producto de una fuerza por la distancia recorrida y la energía es la capacidad de ejecutar un trabajo. Cada uno es expresado en Joules, en el que un Joule equivale a un Newton-metro. La energía de un cuerpo en movimiento es medida en Joules.

- **La potencia.-** es la relación entre la realización de un trabajo o transmisión de energía y el tiempo. La unidad mecánica de potencia es el Watt, que es definido

como un Newton-metro por segundo. La potencia empleada en un periodo de tiempo se mide en kilowatt-hora.

2.2.2.3. Características técnicas para selección y diseño

Existe un gran número de variables que permiten escoger una banda o cinta transportadora para un proceso determinado. Entre las más importantes tenemos:

- Tipo del material a ser transportado.
- Capacidad y peso.
- Distancia de a trasportar.
- Condiciones ambientales.
- Recursos energéticos.
- Recursos financieros.

Al momento de diseñar las cintas transportadoras, se respetó los siguientes puntos:

- Seleccionar bandas, rodillos y estructuras de buena calidad.
- Minimizar curvas.
- Seleccionar la longitud y el ancho del transportador apropiados.
- Minimizar problemas en los rodillos y poleas.
- Respetar restricciones de carga para evitar problemas de sobrecarga.

2.2.2.4. Construcción de la Banda Transportadora

El prototipo consiste en un conjunto de seis bandas transportadoras, tres para la recolección de huevos ensambladas de modo que su movimiento sea independiente, secuencial y continuo, permitiendo que los ovoproductos circulen desde las jaulas, hasta la canasta de recolección. Otras tres bandas están destinadas al trasporte de desechos "gallinaza" y su movimiento será simultaneo con las bandas trasportadoras de huevos. Por ultimo una canasta recolectora se encarga de recibir los huevos provenientes de las bandas para mover esta carga hasta las bandejas de lavado y clasificación. En la figura 2.29 se muestra un modelo de banda transportadora para el proyecto a desarrollar.

Características de la banda:

- 3 bandas de 200cm por 10cm.
- 3 bandas de 200cm por 45cm.
- 1 canasta recolectora de 20cm por 25cm.

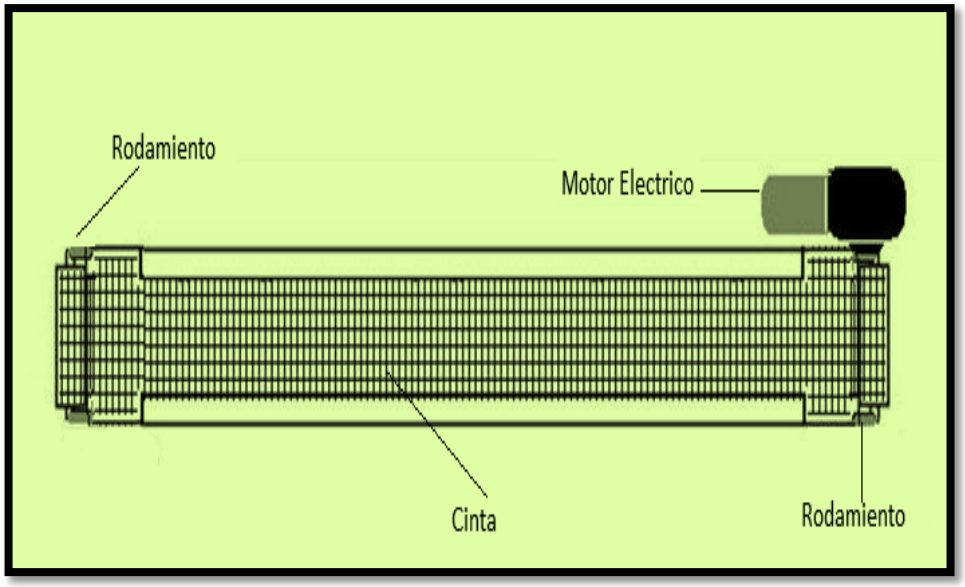


Figura 2.29 Diseño de Banda para Transporte de Huevos.

2.2.2.5. Selección de componentes

El proceso de diseño consiste en elegir los componentes necesarios para que las estructuras, las máquinas, los controles y los programas desarrollen las funciones deseadas. Esta selección se realizó en varias etapas. Para la selección del tipo de transportador a construir se investigó la teoría de transportadores y se observaron las estructuras y el funcionamiento de dichos equipos. Se escogió el transportador de bandas por las siguientes razones:

Construcción sencilla, la estructura básica requiere de una banda con dos rodillos, uno acoplado a un motor y otro libre. Para el sistema de transmisión de movimiento se escogió un motor DC de 12V con reductor para acoplarlo directamente al eje de un rodillo por motivos enunciados a continuación:

- Fácil control de los motores con microcontroladores y programación gráfica.
- Un motor pequeño puede proporcionar suficiente torque
- Es un elemento relativamente fácil de conseguir.

Es importante que cada segmento de las bandas posean los siguientes componentes:

- La estructura que soporta todo el conjunto.
- El motor que permite el movimiento.
- Los rodillos que transfieren el movimiento desde el motor a la banda
- La banda que transporta el material.

- **Motor DC**

Es el actuador que produce movimiento y tracción mediante la interacción entre el campo magnético de su rotor y el imán permanente de su estator. El eje del motor permite la transmisión de movimiento a una caja reductora mediante un conjunto de engranajes. La caja reductora está conectada a éste por medio de un piñón que va acoplado al nuevo eje transmisor de tracción. La amplificación del torque es proporcional a la reducción de velocidad y es dada por la relación de dientes y diámetro del engranaje. En la figura 2.30 se muestra la estructura interna de un Motor DC.

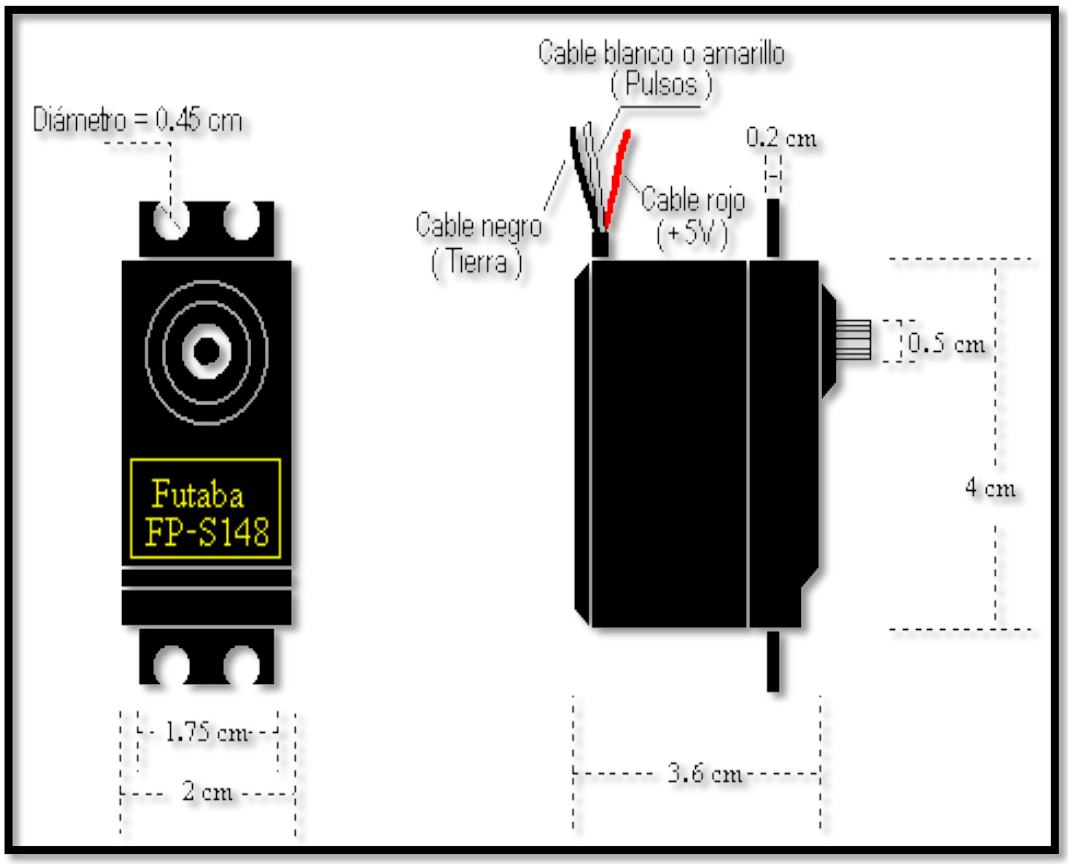


Figura 2.30 Estructura de un Servomotor.

Fuente: klugers.net

Disponible en: [http://www.klugers.net/web/mecanica-/60-el-servomotor].

- **Rodillos**

Los rodillos son estructuras cilíndricas de aluminio con ejes revestidos con caucho. El caucho transmite el movimiento del eje y permite un desplazamiento uniforme. Se utilizaron de acrílico, a los cuales se adaptó un eje de acero de 1/2" con rulimanes acoplados al interior del cilindro. En la figura se muestra un conjunto con rodillos. En la figura 2.31 se indican rodillos, su posición y componentes internos

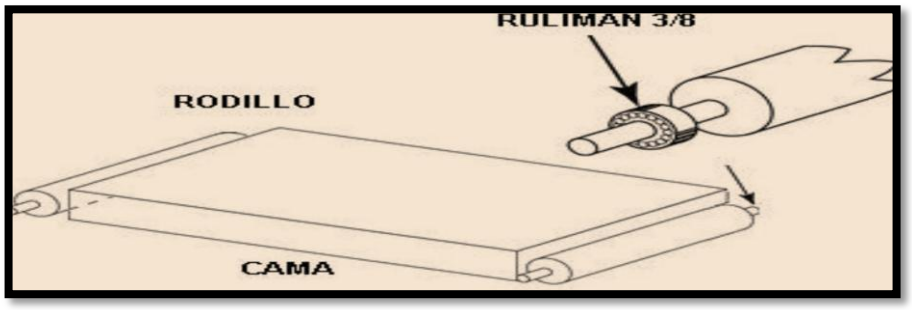


Figura 2.31 Indica un Conjunto con Rodillos.

- **Acoples**

Los acoples son las uniones colocadas entre el eje del motor y el eje del rodillo. El eje del motor encaja en el rodillo gracias a un acople de metal alineado y fijado en el rodillo. En la figura 2.32 se observa un conjunto completo de elementos para un trasportador de banda.

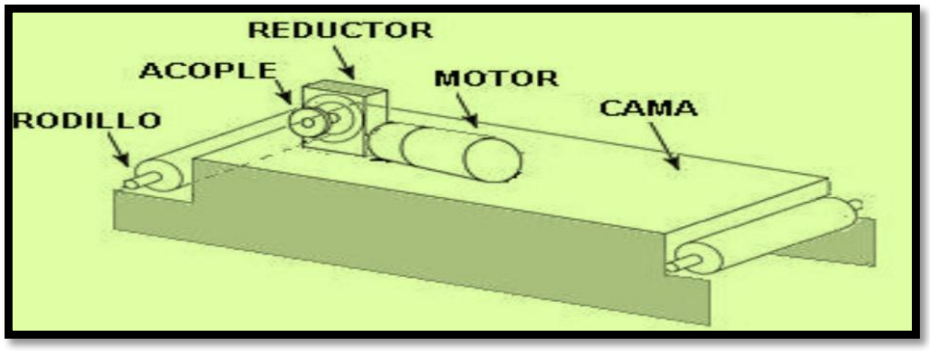


Figura 2.32 Transportador de Banda, con sus Respectivos Elementos.

2.2.3. Sistema de Alimentación

La respuesta inmediata de las aves al estrés por calor es una reducción de la ingesta de alimento, lo que afecta directamente el proceso productivo en cantidad de huevos y el tamaño de los mismos. Para evitar esto se han ideado unas técnicas de ayuno que incrementan la tasa de supervivencia y consecuentemente la eficacia

productiva. El someter a las aves a un ayuno durante 6 a 8 horas permite evitar el calor suplementario producido por la digestión, reduciendo, en consecuencia, la cantidad de calor que las aves deben disipar, esto hace totalmente necesario que el ayuno se inicie antes que se alcance la temperatura más elevada en el interior de la nave.

Uno de los principales inconvenientes que acarrean estos periodos de ayuno son los problemas que conlleva el retorno a la administración del alimento, la forma ideal será aquella que no les excite en exceso y que no les haga competir entre ellos por el mismo, ya que ello podría provocar un fuerte estrés. Por ello, se debe utilizar técnicas de suministro de alimento donde el contacto humano con las aves sea mínimo y que produzca el menor ruido posible para evitar la excitación. Junto a ello, también resulta beneficioso acostumbrar a las aves a comer durante las horas más frescas del día (durante la noche o las primeras horas del día).

2.2.3.1. Dispositivos de Alimentación Mecánicos y Electrónicos

El sistema instalado en la nave trabaja de manera automática, sin embargo el sistema de recarga de los depósitos se lo realiza de manera manual y semanal. Este sistema está conformado por algunos elementos, los mismos que se describen a continuación.

2.2.3.2. Depósitos de Alimento.

Se encuentran ubicados al frente del conjunto de jaulas sujetas entre sí por medio de una estructura y está a su vez conectada a un sistema de rieles y acoples que permiten su movimiento a lo largo de los comederos. La función de estos depósitos es almacenar una cantidad de alimento capaz de surtir los comederos, durante una semana y su recarga se realizara en forma manual, es decir que el operador tendrá que cargar el balanceado cada 7 días, lo cual disminuye el tiempo de contacto con las aves y disminuye el riesgo de enfermedades debido a la constante presencia del operador dentro del galpón. En la figura 2.33 se muestra un modelo para los depósitos de alimento.

Figura 2.33 Depósitos de Alimento.
Fuente: Zucami Poultry Equipament. Sistema de Alimentación.
[Disponible en: http://www.zucami.com/es/food]

2.2.3.3. Comederos

Están ubicados a lo largo de las jaulas y en cada piso, su longitud dependerá de cuan larga es la línea de jaulas y del número de aves en la nave. En estos comederos se deposita el alimento que se desprende los depósitos cuando estos se mueven, es decir lo que produce la caída del alimento hacia los comederos es el movimiento del conjunto de depósitos y la cantidad de alimento a depositarse depende de la regulación en el orificio de salida de los depósitos pero está en función de los requerimientos energéticos de las aves. En la nave de producción de huevos se ha instalado tres niveles de jaulas; por lo tanto tres comederos y tres depósitos de alimento. A continuación la figura 2.34 muestra un grupo de comederos para aves en batería vertical.

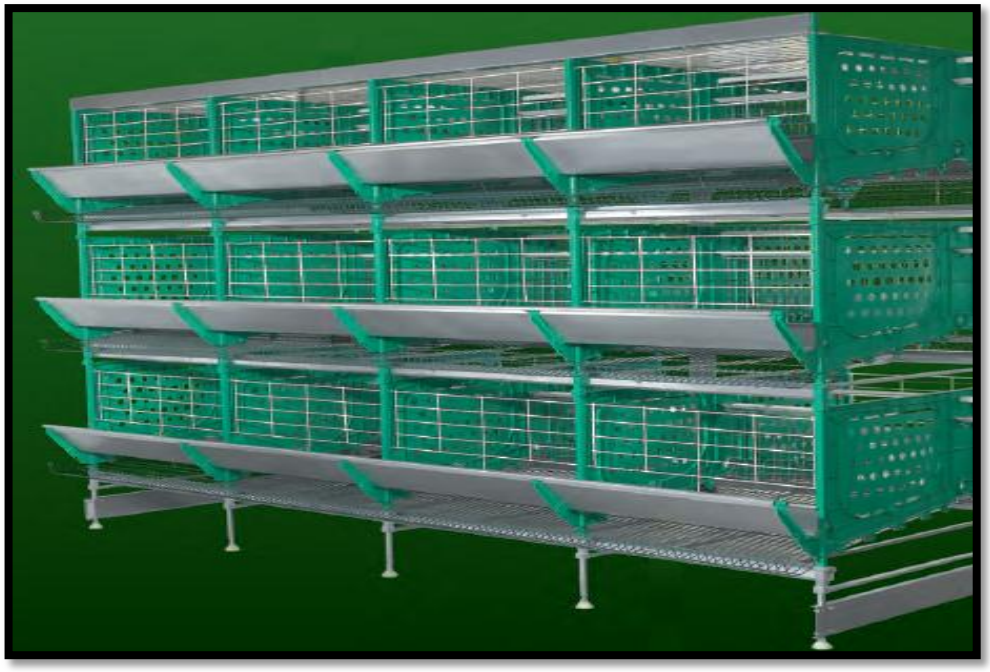


Figura 2.34 Comederos en Batería Vertical.
Fuente: Zucami Poultry Equipament.
[Disponible en: http://www.zucami.com/es/food]

2.2.4. Bebederos Tipo Nipple.

Este tipo de bebedero se conoce también como nipple drinker o bebedero de Chupeta en Brasil, estos consisten en una válvula conectada a una cañería de agua, donde la gallina al presionar el vástago con el pico permite se libere una cantidad de agua.

2.2.4.1. Descripción técnica en el manejo de nipples.

Es necesario para un adecuado manejo de los bebederos tipo nipples, tener en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

- **Limpieza:** es de suma importancia mantener siempre limpio el sistema, es decir limpiar siempre después de haber medicado, vacunado o tratado el agua con algún producto que pueda provocar obturaciones.

- **Altura:** Lo natural para un ave es beber metiendo el pico dentro de un canal o recipiente. El hecho que el ave tenga que obtener el agua de un nipple situado encima de su cabeza no es una posición cómoda para ella. Por su naturaleza las aves tienden a accionar el nipple de una a seis veces y luego dejan de

hacerlo; si en estos intentos no han recibido la cantidad suficiente de agua, da igual pues ya han saciado la sed o se han cansado.

La altura correcta de los nipples, a excepción de los primeros días, es aquella en la que las aves, con las dos patas en el suelo, deben forzarse un poco para alcanzar el nipple. Se podría decir que con la cabeza deben formar un ángulo de 45°, y de esta manera abrirán el pico en forma de embudo para ingerir cómodamente toda el agua que sale del nipple. Por otra parte en los dos primeros días de vida se debe situar el nipple a la altura del ojo para que el pollito pueda acostumbrase y accionarlo fácilmente.

- **Presión:** La presión dependerá de la edad del ave y de la época del año en que estemos, sea esta invierno o verano. Para un adecuado manejo la presión deberán seguir las instrucciones que se entregan con cada equipo, pues también depende del modelo de nipple, si es de bajo, medio o alto caudal, dando la máxima presión que admita el ave, para asegurarnos que dispongan del agua precisa. En la tabla 2.3 se muestran los datos de caudal en función de la edad y la estación. En cualquier caso, esta presión no deberá sobrepasar nunca los 60 cm de columna de agua. La presión correcta está entre los 10 y 60 cm como máximo

CAUDAL EN LOS NIPPLIES EN FUNCION DE LA EDAD Y ESTACION		
EDAD	INVIERO	VERANO
DIAS	(ml/min)	(ml/min)
1	40	40
7	55	55
14	70	70
21	80	80
28	90	90
35	110	120
42	130	150
49	150	180

Tabla 2.3 Caudal para Bebederos Tipo Nipple.

- **Aves por nipple:** Este es un factor que no depende del manejo sino del planteo inicial de la instalación. El número de aves por nipple dependerá del tipo de nipple, según el caudal se puede usar más o menos nipples. Esto siempre está dentro de ciertos límites. Según las normas de cría de ISA BROWN, (2000), se recomienda para climas cálidos usar máximo un nipple cada 10 aves. En la figura 2.35 se muestra un conjunto de bebederos de nipple para una nave de producción avícola.

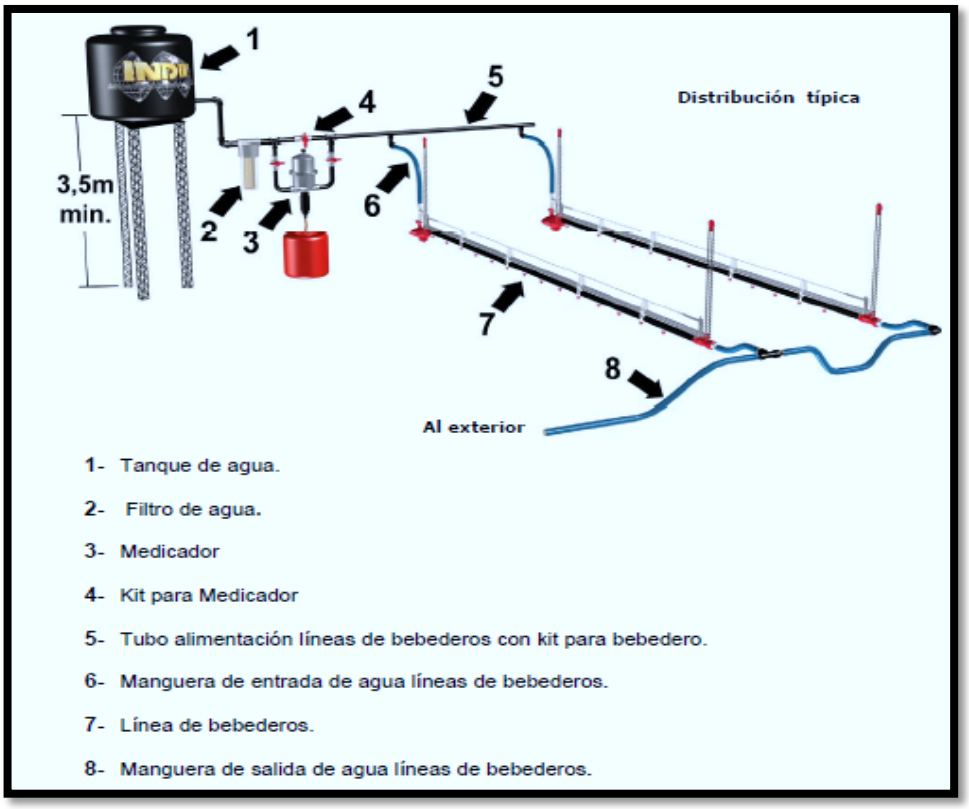


Figura 2.35 Diagrama Esquemático de un Sistema de Suministro de Agua Para Gallinas Ponedoras con Bebederos de Nipple.
Fuente: INDIV Equipamiento para avicultura.
Disponible en: [http//.www. Indiv.com]

2.2.5. Elaboración y Construcción del PCB para Interface de Control del Sistema de Recolección de Huevos, Gallinaza y Sistema de Alimentación.

Para la elaboración del circuito impreso correspondiente al interface de control de los sistemas de recolección de huevos y gallinaza, se utilizó el software libre, EAGLE 5.6.0 Light; por su fácil utilización y versatilidad. A continuación en la figura 2.36 se muestra el diagrama esquemático del interface de control mientras que en la figura 2.37 se muestra el Board del interface de control.

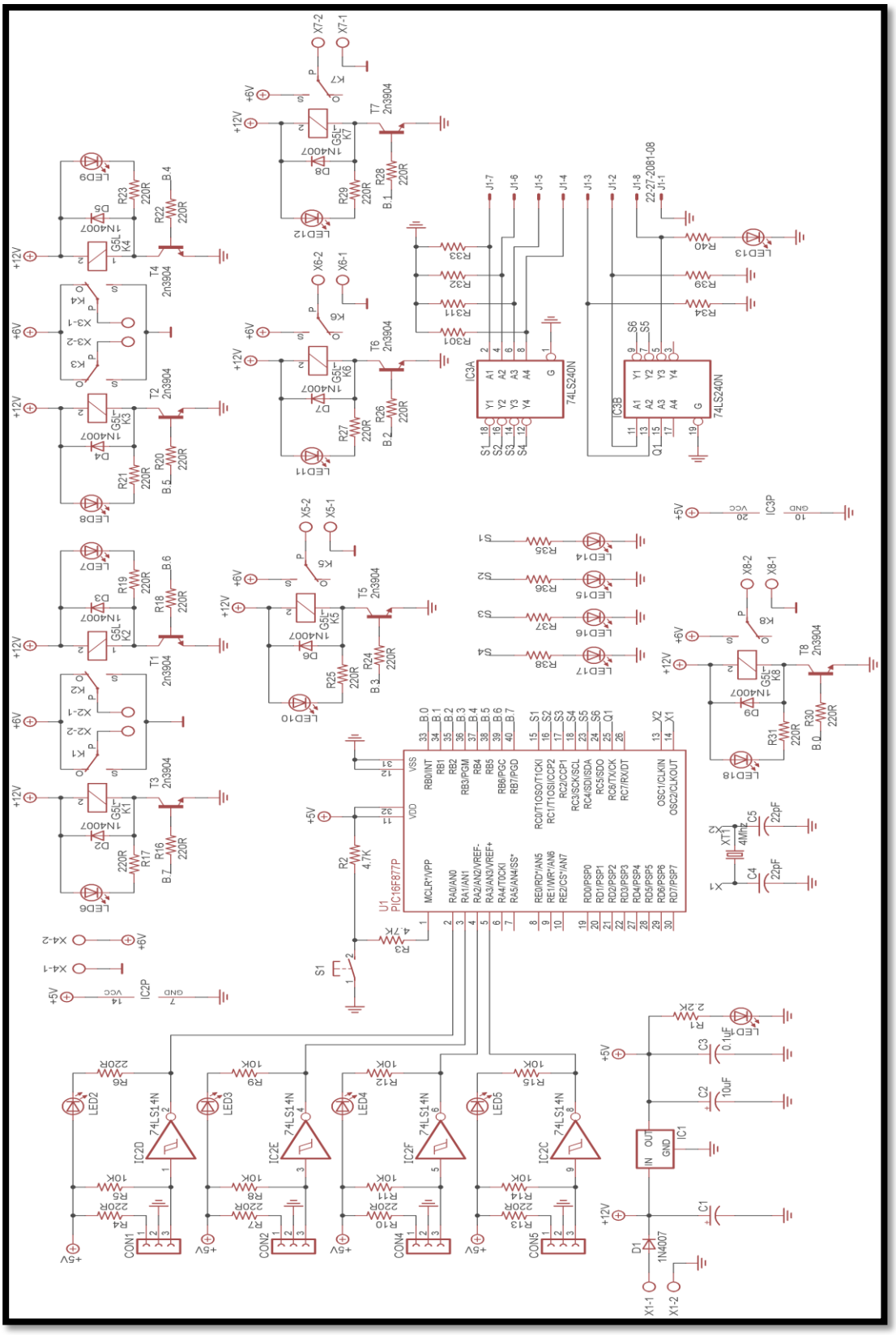


Figura 2.36 Diagrama esquemático del interface de control para el sistema de recolección de huevos y gallinaza

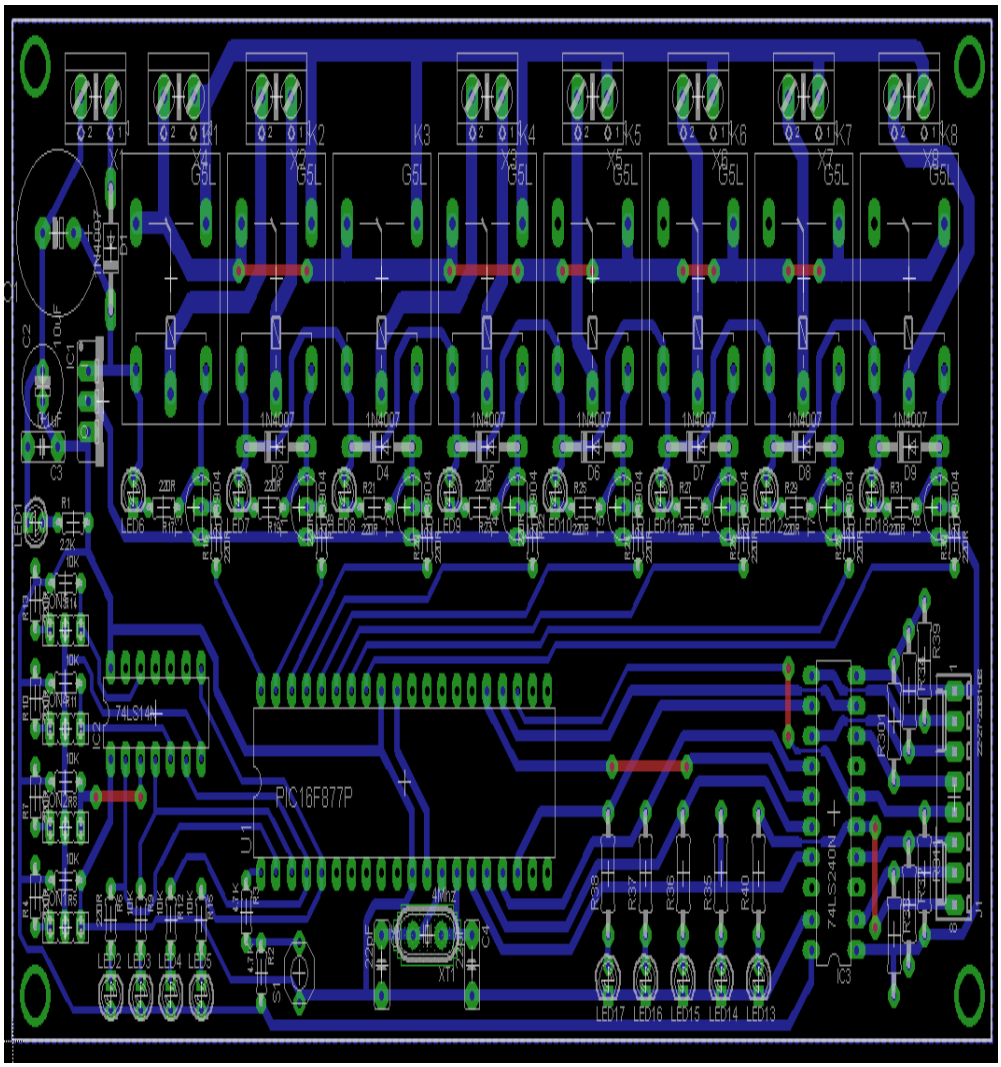


Figura 2.37 Board del Interface de Control para el Sistema de Recolección de Huevos y Gallinaza.

2.3. Control PID

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

- Un sensor, que determine el estado del sistema (termómetro, caudalímetro, manómetro, etc.).
- Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
- Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, bomba, etc.).

Un dispositivo que censa las variables proporciona una señal analógica o digital al controlador, la cual indica el punto actual en el que se encuentra el proceso o sistema. La señal puede entregar ese valor en forma de tensión eléctrica,

intensidad de corriente eléctrica o frecuencia. En el caso de corriente alterna, a diferencia de corriente continua. El elemento controlador lee una señal externa, la cual indica el valor que se desea alcanzar y representa el punto de referencia, la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para que sea posible la interpretación de la señal por el operario, es necesaria la implementación de un interfaz (HMI-Human Machine Interface), que son pantallas de gran valor visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso. El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de referencia, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada uno de los tres componentes del controlador PID.

Las tres señales sumadas, componen la señal de salida que el controlador va a utilizar para comandar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres se denomina variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador mientras esta no sea transformada para ser compatible con el actuador utilizado. Aplicando lo anteriormente descrito al sistema de control de temperatura para la nave de producción de huevos, primeramente se identifican los elementos que en este intervienen. En primer lugar está el elemento encargado de la medición de la temperatura, es decir el sensor de temperatura, el mismo que se describe anteriormente en el apartado 2.1 correspondiente al control de temperatura, cuya función es entregar un valor promedio de la temperatura al interior de la nave. Este sensor indica, en tiempo real, las posibles variaciones de temperatura y con ello un valor referente medido en voltios en un rango que va desde los 0V hasta un máximo valor de 5V.

Este valor será enviado hasta un microcontrolador el cual se encarga de generar una señal PWM, en función de los valores receptados. Con la señal de PWM se puede determinar un ángulo de disparo para un circuito de cruce por cero, ya que los actuadores a utilizar trabajan con 110V a una frecuencia de 60Hz. Es así que con una señal de PWM baja el ángulo de disparo será mayor, disminuyendo de esta manera el tiempo de encendido de los actuadores y cuando el PWM sea alto el tiempo de encendido será mayor. En la figura 2.38 se muestra un modelo de disparo con señal de PWM.

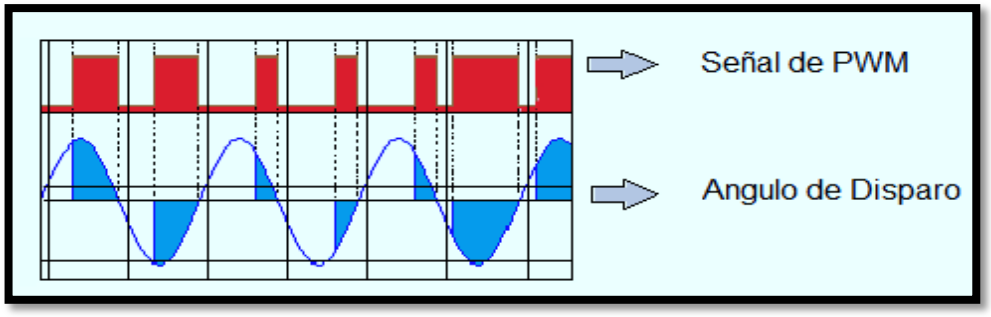


Figura 2.38 Diagrama de generación de PWM y ángulo de Disparo.
Esta figura indica que a mayor PWM, mayor ángulo de disparo y a menor señal de PWM, menor ángulo de disparo.

2.3.1. Control de Velocidad del Ventilador.

El objetivo del control PID en esencia en controlar la velocidad de un motor de AC, es este caso del ventilador, esta velocidad se puede manipular variando el voltaje de alimentación mediante control de fase de CA. El nivel de voltaje que se aplica a un motor es una de las variables más comunes en las aplicaciones de control de velocidad de motores. El SCR y el TRIAC proporcionan una técnica apropiada para el control del voltaje promedio que se aplica a una carga, cambiando el ángulo de fase al que se aplica el voltaje de alimentación de dicha carga. Para controlar el ángulo de fase es necesario controlar el ancho de pulso del disparo que activa un TRIAC[6].

El control de velocidad de este ventilador parte del principio de funcionamiento de los TRIACS. Un TRIAC se caracteriza básicamente por ser un semiconductor de tres terminales que a diferencia del SCR permite el paso de la corriente en ambos sentidos y bloquea tensión. En la figura 2.39 se muestra el símbolo del TRIAC que parece como si estuvieran dos SCR´s en anti paralelo con una compuerta de disparo. El TRIAC cuenta con tres terminales: 2 de potencia MT1 y MT2 y una compuerta de disparo. En la figura 2.39 se muestra la representación esquemática de un TRIAC.

[6] CHAPMAN, Stephen J., (1993), Máquinas Eléctricas. McGraw Hill. Colombia, 2ª edición.

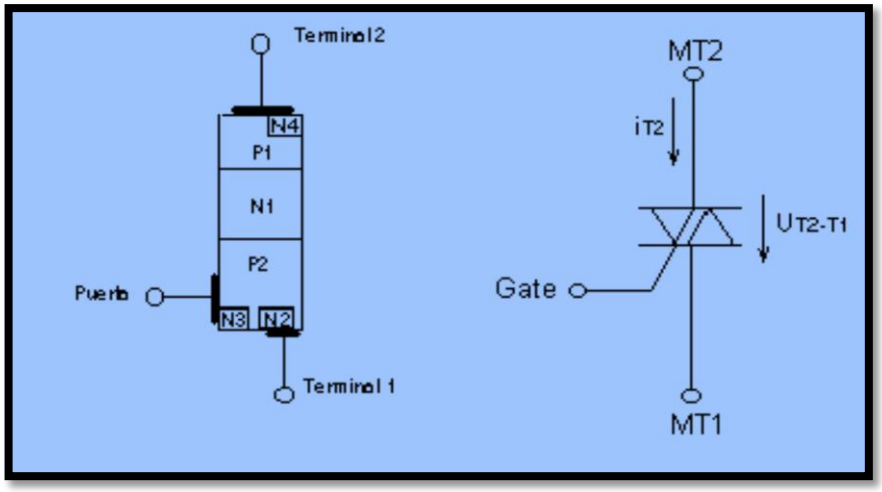


Figura 2.39 Esquema del Elemento TRIAC
Fuente: National Semiconductor TRIAC Datashhet.

2.3.2. Funcionamiento del TRIAC.

El TRIAC es conocido como un dispositivo al que si se le aplica un pulso en la compuerta Gate, entra en un estado de conducción hasta que el voltaje caiga a cero de nuevo, es decir, cuando en voltaje en el MT2 es más positivo con respecto a MT1 y un voltaje positivo es aplicado a la compuerta de disparo, el SCR de la izquierda comienza a conducir. Cuando el voltaje es invertido y un voltaje negativo o cero es aplicado a la compuerta de disparo, el SCR de la derecha conduce. Un mínimo de corriente se debe de mantener para que el Triac siga conduciendo. Para poder generar el voltaje de carga deseado es necesario controlar el ángulo de disparo del TRIAC por medio de una señal de PWM que se encuentre sincronizada con la señal de la línea (120 Vac, 60 Hz), de esta manera se puede controlar el disparo y así el ángulo de fase de la señal que se quiere aplicar a la carga, la figura 2.40 indica un método de control de voltaje para una carga de CA.

Al disparar el Triac en la parte positiva de la onda, comienza la etapa de conducción hasta que la señal cruza por el cero y cuando, en la parte negativa de la onda, se vuelve a disparar el Triac comienza a conducir de nuevo hasta el próximo cruce por cero.

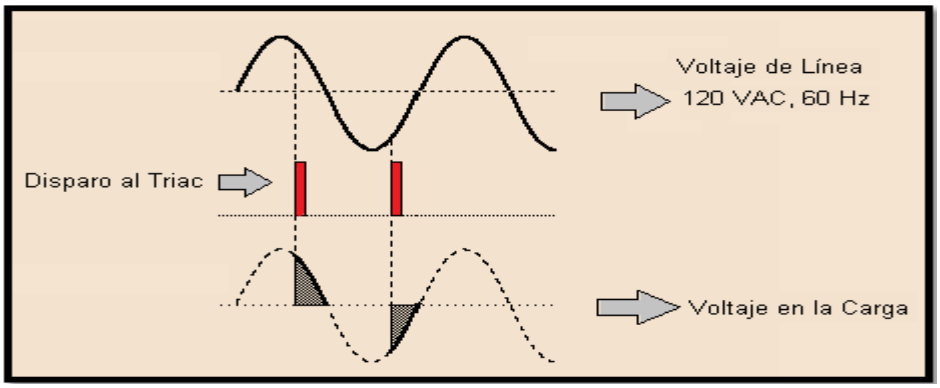


Figura 2.40. Control de Voltaje para una Carga de CA con TRIAC.

2.3.3. Circuito Detector de Cruce por Cero.

Para poder detectar el cruce por cero de la señal de la línea de 120 Vac a 60 hz se diseña un circuito sencillo basado en un transformador que reduce la señal de 120 Vac a 12 Vac. Se rectifica la señal usando un puente de diodos y es llevada a un amplificador operacional funcionando como comparador. Se compara la onda con un valor próximo a cero (consigna 0 Volts) que es generado por un potenciómetro de 10 KΩ. Así cuando la señal de 12 Vac sea menor que dicho valor el amplificador operacional producirá un pulso con una amplitud de 12 volts. Posteriormente la amplitud del pulso se reduce a 5 volts para que pueda ser manejado por el microcontrolador, quien se encarga de generar la señal de PWM. En la figura 2.41 se muestra un diagrama de bloque que indica el funcionamiento del circuito de cruce por cero.

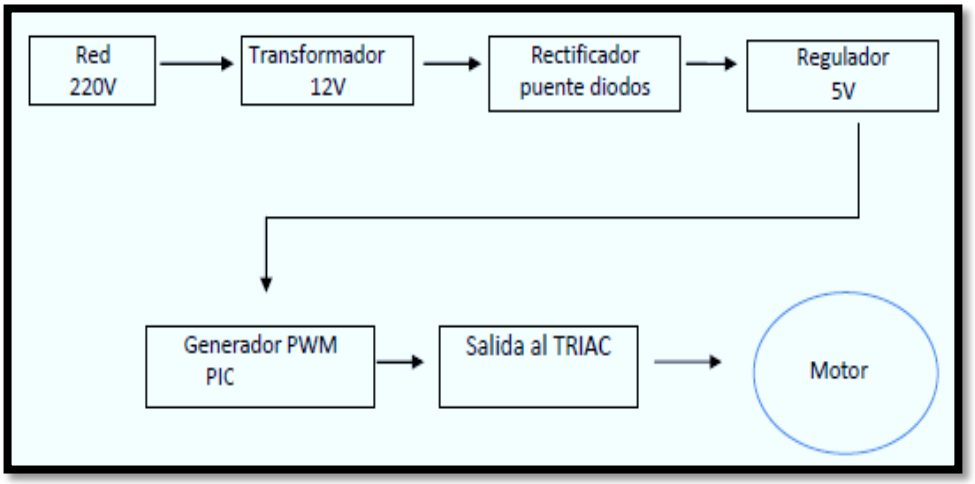


Figura 2.41 Diagrama de Bloques para el Mando de un motor de AC con PWM.

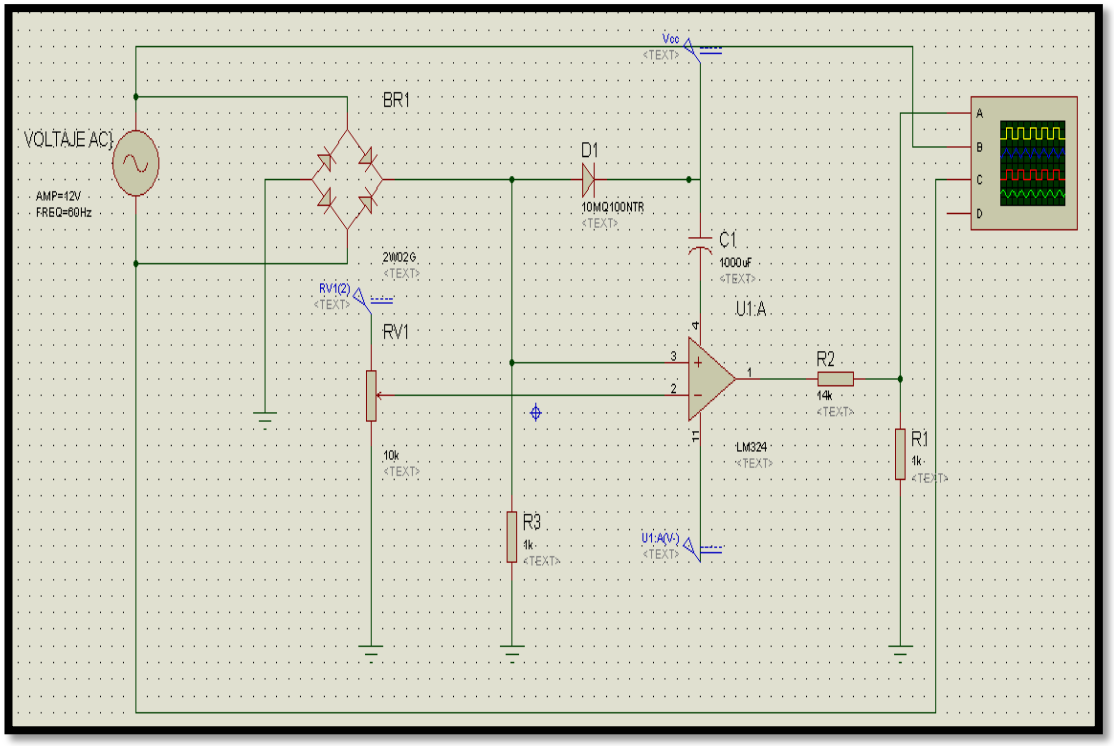


Figura 2.42 Circuito de Control con Cruce por Cero con Microcontrolador

La figura 2.42 muestra en circuito utilizado para la detección del cruce por cero y la generación de pulsos que posteriormente serán enviados a un microcontrolador.

2.3.4. Señal PWM para disparo de Triac.

Para poder generar el nivel de voltaje deseado en la carga es necesario estar controlando el disparo del Triac en el momento adecuado. Teniendo ya detectados los cruces por cero es posible generar la señal PWM por medio del microcontrolador. A pesar de que el microcontrolador cuenta con un módulo capaz de generar una señal PWM a la que se le puede modificar la frecuencia y el ciclo de trabaja, no se utilizará debido a que no es capaz de generar un PWM con una frecuencia de 120 hz. La señal de la línea se caracteriza por tener una frecuencia de 60 hz, pero su semi ciclo es de 120 hz, y como se tiene que enviar el disparo al Triac tanto en el ciclo positivo como en el negativo es necesario generar un PWM con frecuencia de 120 hz. El módulo PWM que se observa en figura 2.43 del microcontrolador cuenta con una serie de registros de datos y configuración que permiten generar la señal, controlar su frecuencia y su ciclo de trabajo, sin embargo se realizaron los cálculos para poder generar una señal con frecuencia de 120 hz y se encontró que no es posible.

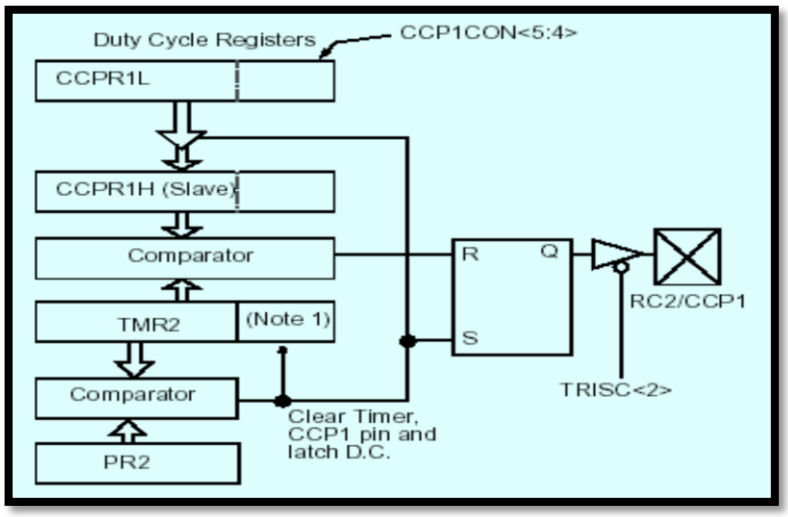


Figura 2.43 Módulo PWM del Microcontrolador

Fuente: Microchip Datasheet.

Disponible en: http://www.wvshare.com/datasheet/Microchip_PDF/PIC16F877A.PDF.

Ahora es necesario calcular el período de la señal y para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$PWM_{(periodo)} = [(PR2 + 1) \times 4T_{osc} \times (TMR2_{prescala})] \qquad (Ec.\ 2.1)$$

En consecuencia, PR2 es un registro de 8 bits en el cual se almacena el valor resultante de la aplicación de la fórmula anterior, tomando en cuenta el período deseado del PWM, que para el caso es de 120Hz, la frecuencia de oscilación del cristal que se está usando $\mathbf{T_{osc}}$ es de 10 MHz y la preescala del Timer2 es de máximo 16. Al sustituir estos valores en la ecuación anterior y despejando PR2 obtenemos.

$$PR2 = \left[\left(\frac{PWM_{(periodo)}}{4T_{0sc} \times (TMR2_{prescala})}\right) - 1\right] = \left[\left(\frac{8.33ms}{4 \times 100ns \times 16}\right) - 1\right] = 1300,56 \qquad (Ec.2.2)$$

Siendo 1300,56 el valor obtenido para PR2, el cual transformado a hexadecimal sería 514h, el mismo que no puede representarse en los 8 bits que posee el registro PR2 y por lo tanto no es posible generar la señal usando el módulo PWM. Esto lleva a la imperativa necesidad de diseñar otra manera de generarlo desde el microcontrolador. Para ello, el Timer1 tiene 16 bits y una de sus características es que para contar utiliza los pulsos de reloj internos del microcontrolador, además se puede configurar la pre escala para que genere una interrupción cuando se desborda. Además cuenta con una interrupción externa del puerto B,

específicamente en el pin RB0/INT. Por lo tanto es aquí donde por medio de esta interrupción se pueden detectar los pulsos que representan los cruces por cero.

En primer lugar es necesario habilitar las interrupciones y guardar un valor predefinido en el TIMER1 que permita determinar ancho de pulso de la señal, en otras palabras; el TIMER1 va a incrementarse a partir de ese valor, que no es cero en el momento que se detecte un cruce por cero, en ese mismo instante la señal se mantiene en nivel Bajo, generada desde el pin RC5 del Puerto C. Al momento de que el TIMER1 se desborda genera una interrupción y se lleva el estado Alto del pin de forma que dispare el Triac, se detenga en TIMER1 y se vuelve a cargar su valor predefinido.

La señal se va a mantener en Alto hasta que se vuelva a detectar el siguiente cruce por cero, en donde la señal se manda a nivel Bajo y se activa de nuevo el TIMER1 que se irá incrementando hasta desbordarse, se genera la interrupción para llevar de nuevo la señal a un nivel Alto y poder generar el disparo del Triac. En la figura 2.44 se muestra la señal de PWM generada.

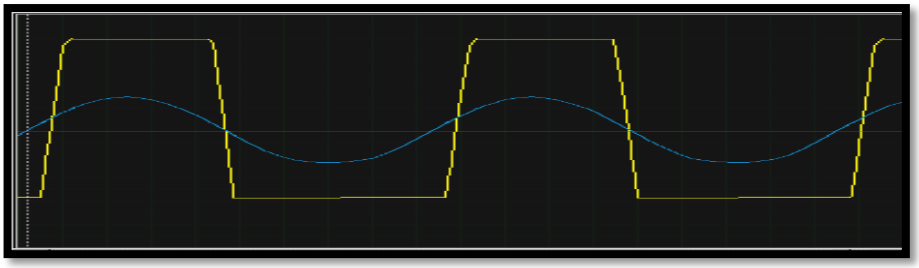


Figura 2.44 Señal de PWM a para Control de Ventiladores y Extractores.

Una vez culminado el proceso de diseño, teórico, del sistema de control de temperatura. Se procede a la implementación práctica de este sistema. En la primera parte se procede al proceso de simulación, con la ayuda del software de diseño electrónico Proteus Profesional en el cual se puede observar el comportamiento de cada uno de los componentes. En la figura 2.45 se muestra en esquema electrónico de simulación para el sistema de control PID de temperatura.

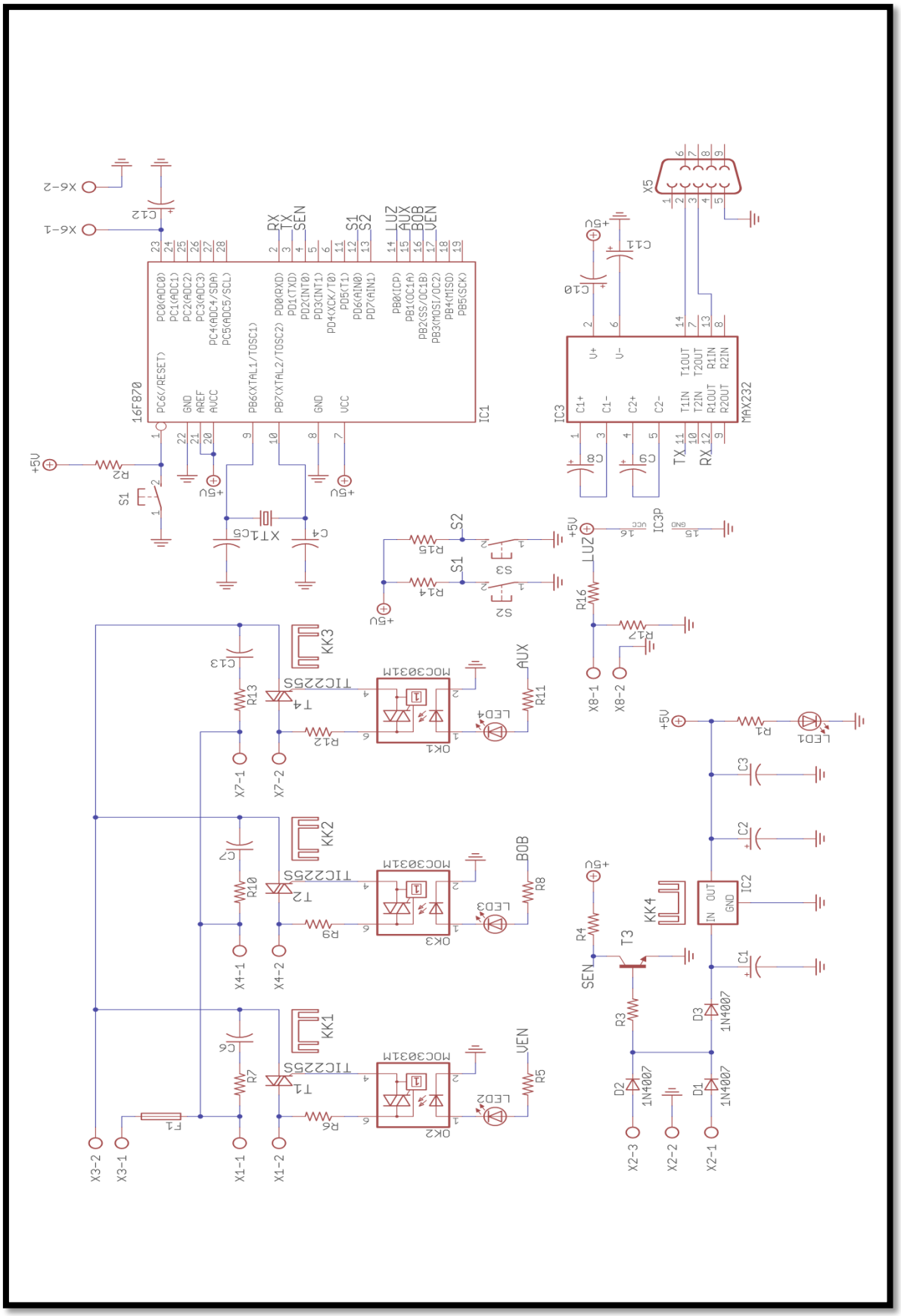


Figura 2.45 Simulación para el Sistema de Control PID de Temperatura.

Culminada le etapa de simulación y comprobada la funcionalidad del circuito, se procede con la etapa de construcción del circuito impreso; es así que utilizando el software Eagle 5.6.0 se realiza el diseño del circuito impreso como el que se muestra en la figura 2.46 para el circuito esquemático del control PID de temperatura terminado.

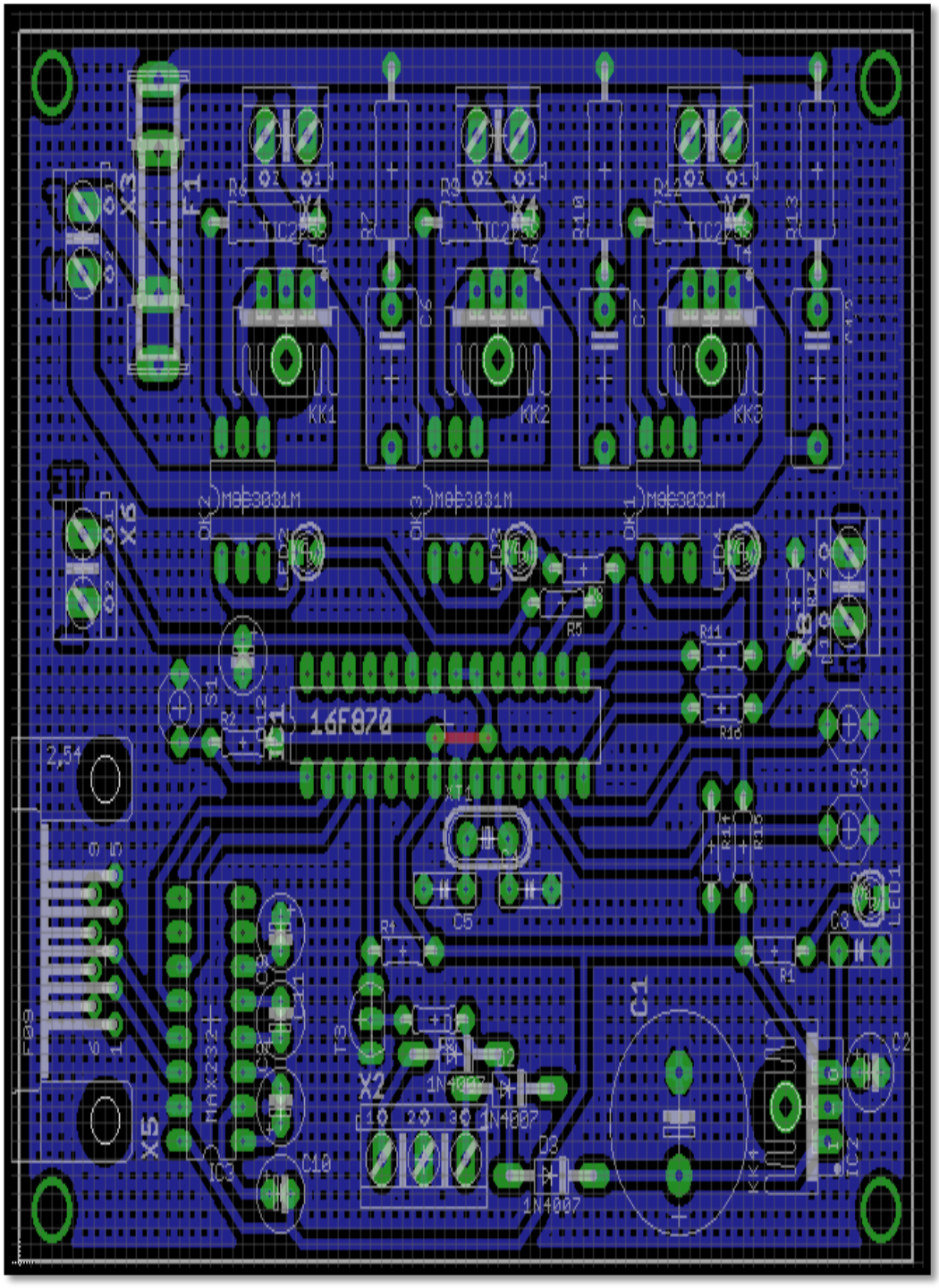


Figura 2.46 Circuito Esquemático para el sistema de control PID para Temperatura.

2.4. Contador de huevos con Sensores Ópticos.

Los sensores fotoeléctricos se utilizan para lograr una exacta detección de objetos sin necesidad de contacto físico. En su forma más simple un sensor fotoeléctrico puede considerarse como un fin de carrera, donde el actuador mecánico, o palanca de operación, ha sido reemplazada por un haz de luz. Los sensores fotoeléctricos trabajan detectando el cambio en la cantidad de luz que puede ser reflejada, o bien interrumpida por el objeto a detectar. La variación en el haz de luz puede ser el resultado de la presencia o ausencia del objeto, o el resultado de un cambio en el tamaño, perfil, receptividad o color del mismo. En este caso se usan diodos LED's infrarrojos emisores y receptores. Aquí los LED's infrarrojos son los más eficaces, pues son los que más porcentaje de luz emiten y los que menos calor disipan comparados con los de los tipos visibles. En la figura 2.47 se ilustra el principio de funcionamiento de los diodos LED's infrarrojos.

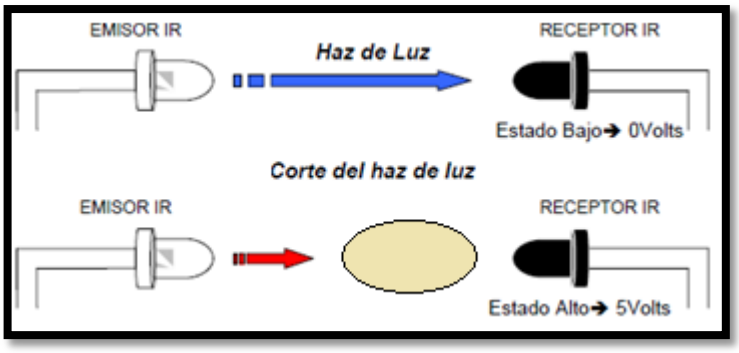


Figura 2 47 Esquema de Funcionamiento de un Emisor y Receptor Infrarrojos.

En conclusión, se usaran tres sensores de este tipo para el conteo de los huevos recolectados en cada piso y los pulsos generados en cada conteo se enviaran hasta el computador central en donde la información será procesada y utilizada en la elaboración de informes sobre la producción diaria en cada piso de jaulas.

Capítulo III

SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL REMOTO

Introducción.

Labview es una herramienta diseñada especialmente para control, automatización, monitoreo y tratamiento de señales analógicas y digitales capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos, puertos serie etc. Es un lenguaje de programación de propósito general, con la característica que es totalmente gráfico, facilitando de esta manera el entendimiento y manejo de dicho lenguaje para el diseñador y programador de aplicaciones tipo SCADA. Este lenguaje incluye librerías para la adquisición, análisis, presentación y almacenamiento de datos y puertos serie. Además de otras prestaciones, como la conectividad con otros programas. Está basado en la programación modular, lo que permite crear tareas muy complicadas a partir de módulos o sub-módulos mucho más sencillos. Estos módulos pueden ser usados en otras tareas, con lo cual permite una programación más rápida y provechosa.

El presente capitulo se centra en el diseño de un sistema SCADA desarrollado en Labview, que tenga la capacidad de controlar una instalación avícola de producción de huevos y los procesos que en esta se desarrollan. La primera parte describe las principales características del lenguaje de programación, en el que se desarrolla la aplicación y las variables a considerar en el diseño. La segunda proporciona el marco teórico necesario para entender el diseño. La tercera parte se aboca en el diseño del sistema SCADA a la vez que muestra los resultados y la funcionalidad y utilidad del diseño.

3.1. Filosofía de Labview.

Labview al ser un lenguaje completamente gráfico es parecido a un instrumento, por ello a todos los módulos creados con Labview se les denomina VI (Instrumento Virtual). Existen dos conceptos básicos en Labview, el Front Panel (Panel Frontal) y el Block diagram (Diagrama de Bloque).El Panel Frontal es el interfaz que el usuario está viendo y puede ser totalmente parecido al instrumento del cual se están recogiendo los datos, de esta manera el usuario sabe en forma precisa cual es el estado actual de dicho instrumento y los valores de las señales que se están midiendo.

El diagrama de bloques es el esquema de conexión de todos los controles y variables, que tendría cierto parecido al diagrama del esquema eléctrico del instrumento. Labview tiene la característica de ser modular ya que cualquier VI que se ha diseñado puede convertirse fácilmente en un módulo y puede ser usado como una sub-unidad dentro de otro VI. Esta peculiaridad podría compararse a la característica de procedimiento en los lenguajes de programación estructurada.

3.1.1. Principales Elementos en el Entorno Grafico de Labview.

3.1.1.1. Panel Frontal y Diagrama de Bloques

Se podría decir que en cualquier VI existen dos caras bien diferenciadas: El Panel Frontal y el Diagrama de Bloques. El Panel Frontal es la cara que el usuario del sistema está viendo cuando se está monitoreando o controlando el sistema, o sea, el interfaz del usuario. Este contiene controles e indicadores y existe una gran variedad de ellos, pero además incluso se pueden diseñar controles e indicadores personalizados, lo cual permite tener una amplia gama de dichos controles e indicadores. La Figura. 3.1 muestra un modelo ilustrativo de algunos controles e indicadores.

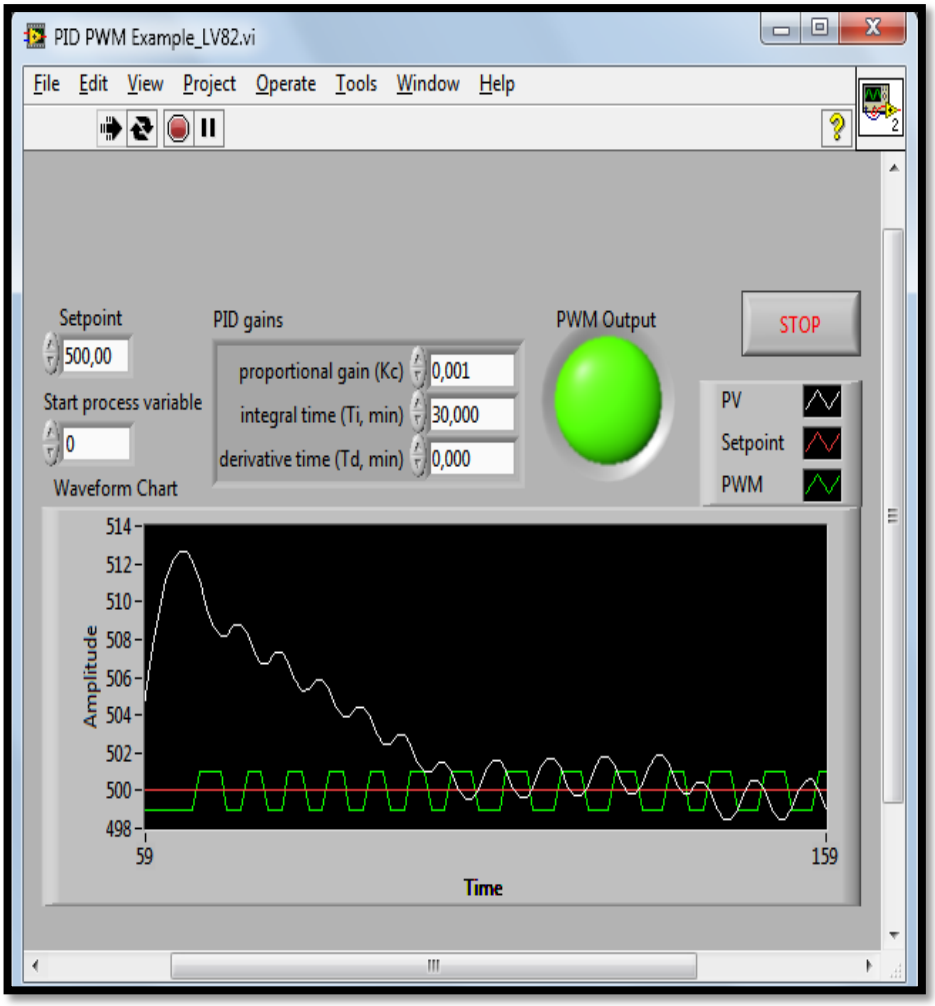


Figura 3.1 Panel Frontal de un Control de Temperatura PID y sus Controles e Indicadores.

Un control puede tomar muchas formas, y muchas de estas formas pueden ser la imagen de un instrumento real. Otros son estrictamente conceptos digitales o analógicos. Pero todos los controles tienen una forma visual que indican al usuario cual es el estado de dicho control en el instrumento real. Es muy importante en un sistema SCADA que el usuario no tenga que interpretar nada, sino que todo le sea claro y conciso, las interpretaciones pueden dar lugar a falsas actuaciones y, por consiguiente, podrían existir errores. El Diagrama de Bloques del VI sería la cara oculta del Panel Frontal, una cara que el usuario del sistema no puede ver. En ella están todos los controles e indicadores interconectados, pareciéndose a un esquema eléctrico. Esta cara es mucho menos conceptual que el Panel Frontal y para el usuario sería muy difícil entenderla. La siguiente Figura 3.1. muestra el diagrama de bloques de la Figura 3.2 mostrada anteriormente.

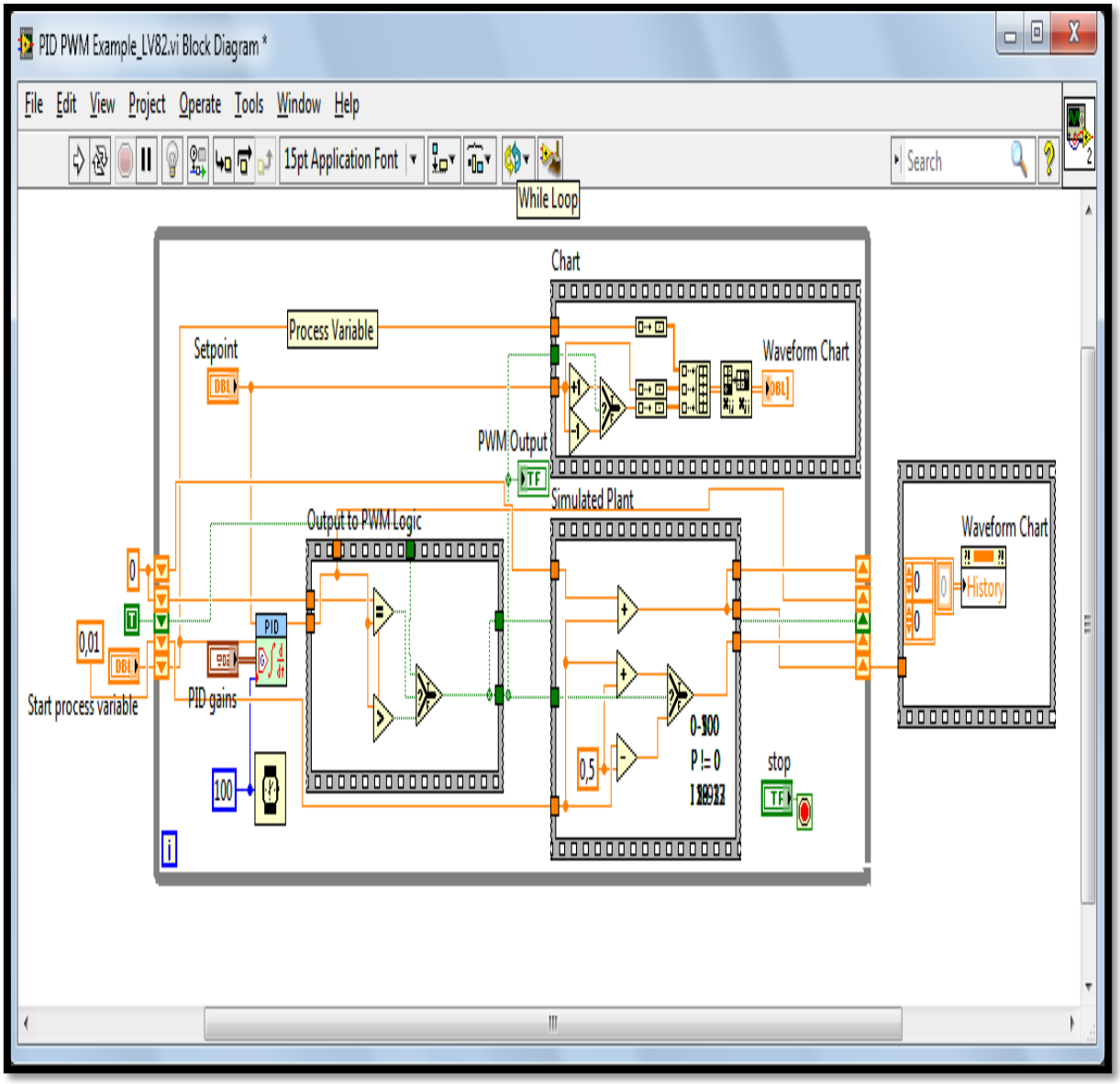


Figura 3.2 Diagrama de Bloques de un Sistema de Control de Temperatura PID.

Se puede observar como todos los módulos están interconectados, mediante buses de conexión, por donde circulan los diferentes datos o valores del VI., de esta manera se logra que el VI funcione como un conjunto de elementos o módulos y sub-módulos. Los controles permiten simular la operación que se realiza con instrumentos reales, estos son utilizados para el ingreso de datos o la manipulación de variables y entregan los respectivos datos al diagrama de bloques del VI. Entre los controles tenemos perillas, push buttons, controles de texto y otros dispositivos de entrada. La figura 3.3 muestra algunos de los principales controles.

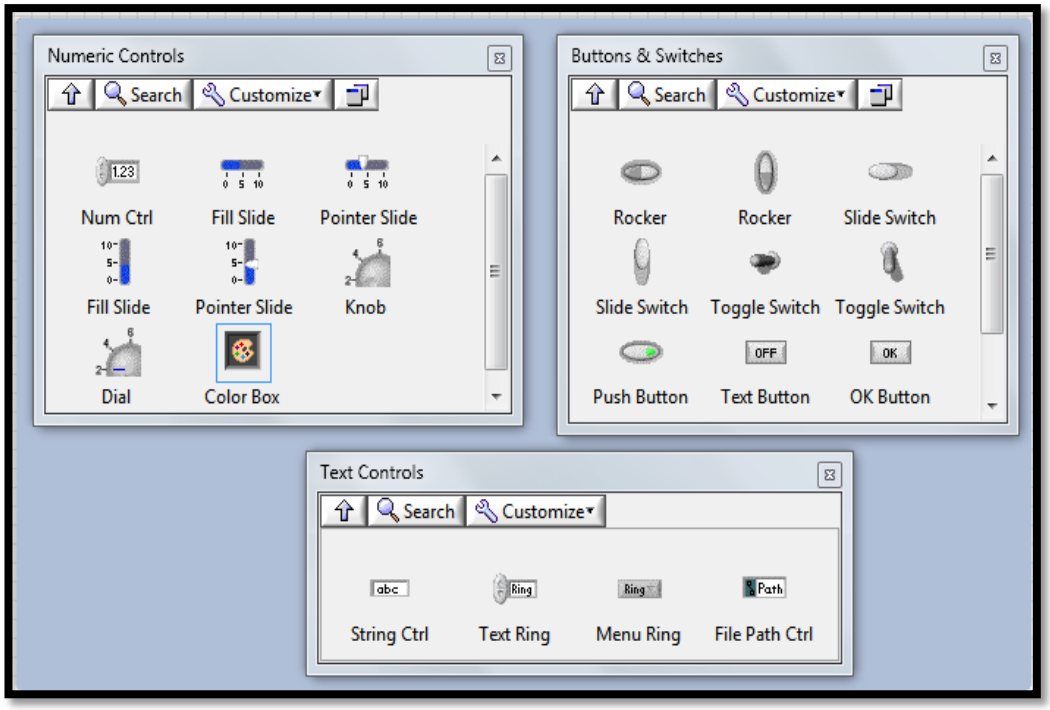


Figura 3.3 Principales Controles en Labview.

Fuente: Entorno Grafico de Labview.

Junto a los controles se encuentra una amplia gama de posibilidades en lo que se refiere a los indicadores. Los mismos que se encargan de mostrar gráficamente los datos que el diagrama de bloques genera o adquiere. Dentro de los indicadores podemos encontrar led, indicadores gráficos y otros tipos de display's. A continuación en la figura 3.4 se muestran los principales indicadores en el entorno de labview.

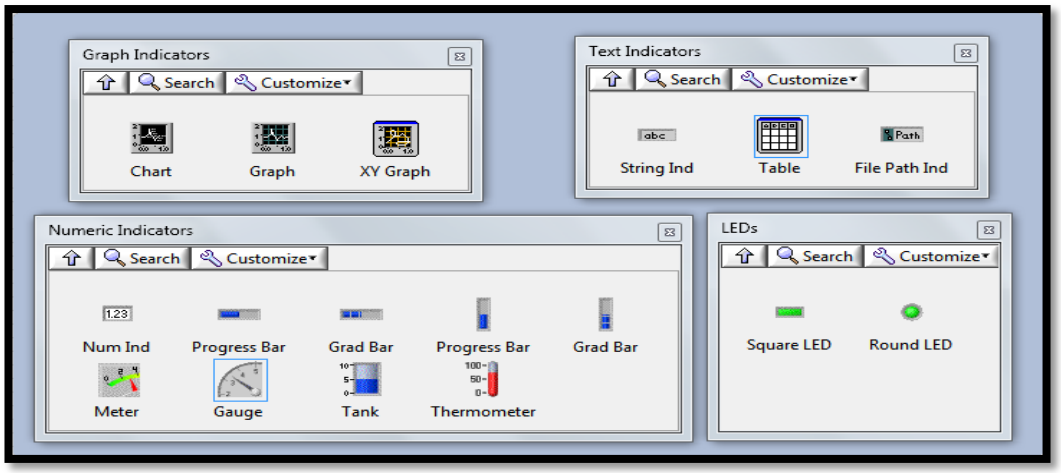


Figura 3.4 Principales Indicadores en Labview

Fuente: Entorno Grafico de Labview.

3.1.1.2. Ejecución de un VI en Labview

Luego de realizar la programación y conexión de los elementos en el VI y revisando la no existencia de errores, se puede ejecutar el VI. Para ello, se debe buscar en el panel frontal el botón Run ubicado en la barra de herramientas. En la figura 3.5 se muestra la barra de herramientas en donde se describe la opción Run. Mientras que la figura 3.6 muestra los botones para la ejecución de un VI.

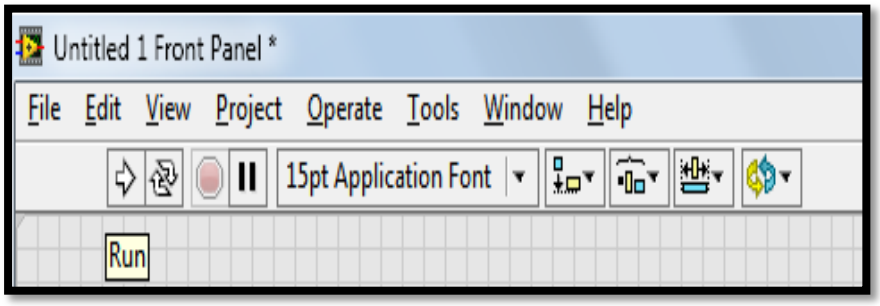


Figura 3.5 Barra de Herramientas en Labview

Fuente: Entorno Grafico de Labview.

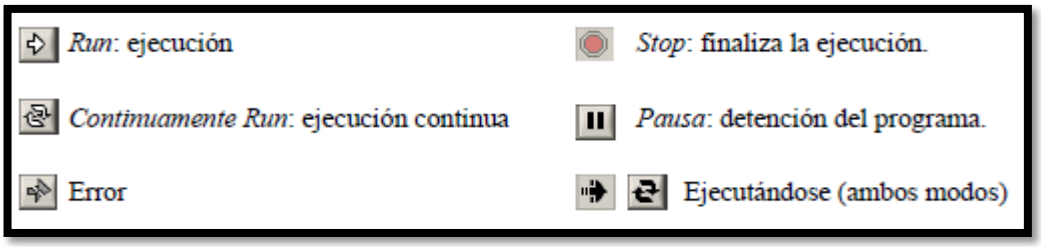


Figura 3.6 Botones Utilizados para la Ejecución de un VI.

Fuente: Entorno Grafico de Labview.

3.1.1.3. Tipos de Datos en Labview

Labview maneja, dentro de sus estructuras, algunos tipos de datos entre los cuales destacan, por su importancia y utilización los datos booleanos, alfanuméricos, y numéricos. Dependiendo de la aplicación, se utilizaran estos datos en el diagrama de bloques existiendo un color para cada uno de ellos. Así los datos booleanos están de color verde claro, los datos Numéricos de color azules-naranjos y los datos alfanuméricos de color violeta. Esto con la finalidad de familiarizarse tempranamente con ellos.

Booleano (Boolean).- Los datos de tipo booleano están definidos por enteros de 16 bits. Entre estos el bit más significativo contiene al valor booleano. Si el bit 15 se pone a 1, el valor del control o indicador es verdadero y si este se pone a 0, toma el valor falso. Al dar un clic con el botón derecho del mouse sobre el área de trabajo del panel frontal, inmediatamente, aparecerá la paleta de controles allí podemos hallar los diferentes controles e indicadores booleanos que posee Labview. La figura 3.7 muestra algunos controles e indicadores de tipo booleano.

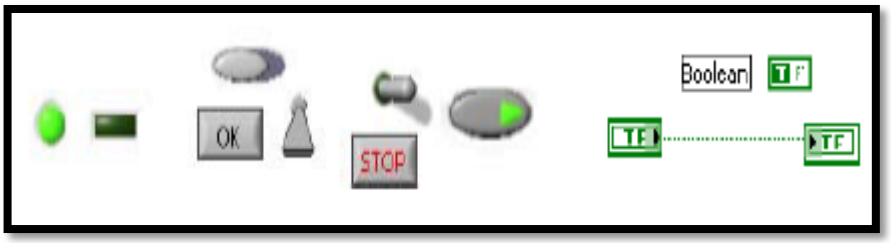


Figura 3.7 Controles e Indicadores Booleanos en Labview.

Numérico (Numeric).- Los datos numéricos se clasifican en 12 representaciones para los diferentes controles e indicadores, señalados por su respectivo color:

- Números de tipo entero (I, Integer) de 8, 16 y 32 bits
- Números de tipo sin signo (U, Unsigned) de 8, 16 y 32 bits.
- Números de punto flotante 32 (SGL), 64 (DBL) y 80 (EXT) bits
- Números de tipo complejos simples (CSG), dobles (CDB) y extendidos (CXT).

El tipo de número se aprecia en la terminal de conexión de los controles o indicadores, pues aparece inscrito, y el color de las conexiones de punto flotante es de color naranja, mientras que en los enteros y sin signo son azules. Teniendo puesto un control o indicador de tipo numérico en el Diagrama de bloques, hacemos clic sobre él con el botón derecho del mouse y nos dirigimos a Representation donde podemos configurar el tipo de dato, como la figura 3.8 indica.

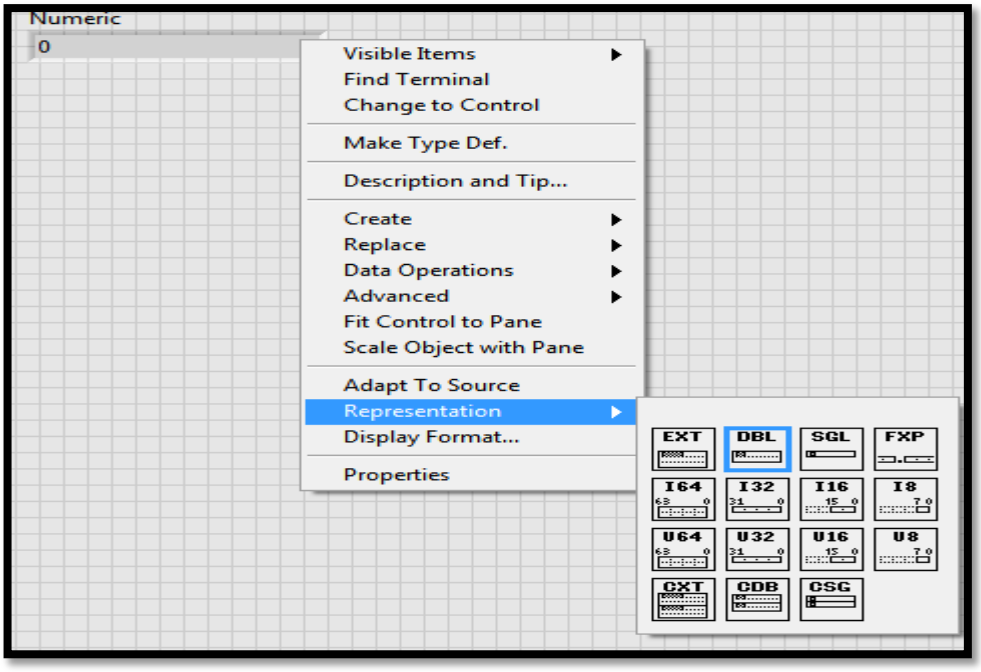


Figura 3.8 Representaciones para Tipo de dato Numérico en Labview.

Alfanuméricos (Strings).- Labview almacena los datos de tipo strings como si fuera un arreglo unidimensional de bytes enteros, caracteres de 8 bits. Sus principales aplicaciones van definidas a crear mensajes de texto, pasar los datos numéricos a caracteres de datos para instrumentos y luego convertirlos nuevamente de strings a datos numéricos, guardar datos numéricos en el disco, etc. Los datos alfanuméricos se visualizan en el diagrama de bloques con el color violeta, mientras que en el panel frontal, estos datos aparecen como etiquetas, tablas y entradas de texto como se muestra en la figura 3.9.

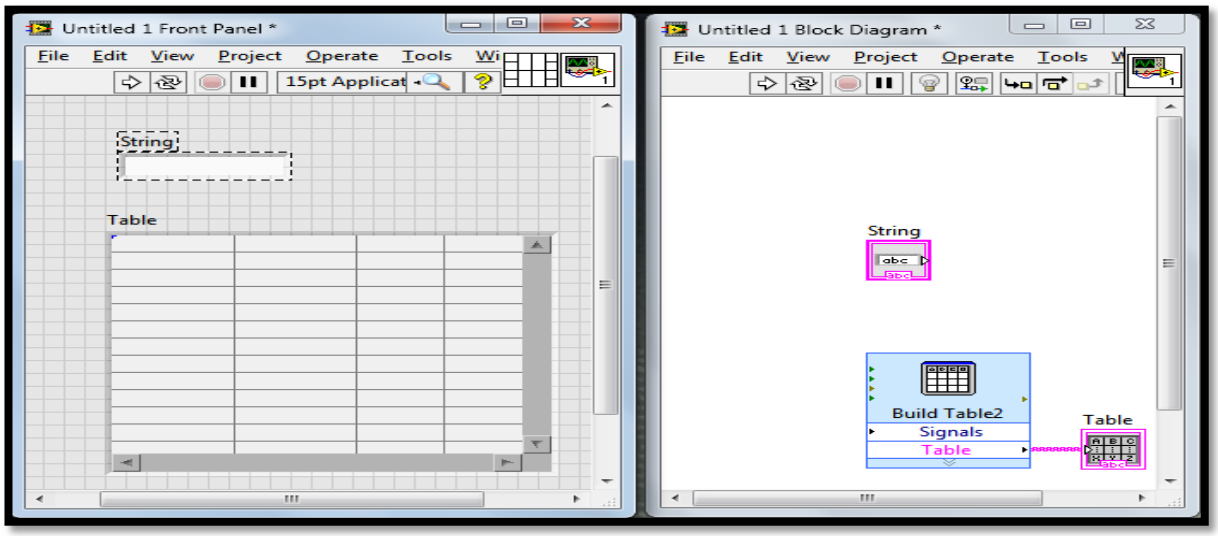


Figura 3.9 Datos Alfanuméricos en el Panel Frontal y Diagrama de Bloques

3.1.1.4. Estructuras de Control

En el marco de la programación, muchas veces es necesario ejecutar un mismo conjunto de sentencias con un número determinado de veces, o que éstas se repitan mientras se cumplan ciertas condiciones. Labview dispone principalmente de cinco estructuras fácilmente diferenciables por su apariencia las mismas que se encuentran en la opción Structures que aparece en la paleta de funciones del diagrama de bloques. Estas estructuras ejecutan automáticamente el código programado en su interior, sin embargo, cada estructura ejecuta su sub diagrama de acuerdo a las características que gobiernan su funcionamiento. En resumen, estas estructuras son representaciones gráficas de los lenguajes basados en programación textual. Previo a detallar las principales estructuras de control que se encuentra en labview, se debe definir qué se entiende por sub diagrama.

- **Sub diagrama**

Se entiende como sub diagrama al conjunto de terminales, nodos y líneas de unión que se localizan en el interior del área rectangular de cada estructura. Teniendo presente esto, se describe brevemente cada una de estas estructuras.

- **For Loop (Ciclo For)**

El ciclo **For** es una operación que ejecuta un sub diagrama un número finito de veces, esto es equivale a decir en un lenguaje tradicional $\mathbf{For\ i\ =\ 0\ to\ N-1}$. Esta ecuación contiene dos terminales, uno contador y el otro de iteración. El terminal contador contiene el número de veces que se ejecutará el sub diagrama creado en el interior de la estructura y el de iteración indica desde cuando se empieza a contar. Con esta estructura se pueden emplear los Shift Register para tener disponibles los datos obtenidos en iteraciones anteriores, es decir, para memorizar valores obtenidos. La figura 3.10 muestra una ventana del ciclo for.

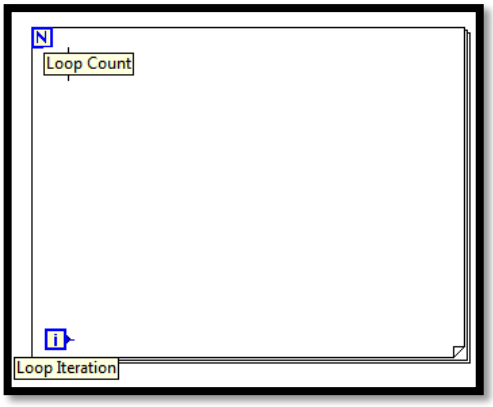


Figura 3.10 Ventana de Estructura For Loop en Labview.

While Loop (Ciclo While)

En el caso del ciclo While Loop este ejecuta un sub diagrama hasta que la terminal condicional recibe un valor lógico específico. Lo que es igual a decir en un lenguaje tradicional, **Do** (ejecutar sub diagrama); **While** (condición es Verdadero). Esta sentencia contiene dos terminales, uno condicional y otro de iteración. El terminal condicional hace que Labview compruebe el estado de este terminal al final de cada iteración, si el valor es verdadero continúa y si el valor es falso se detiene. El terminal de iteración indica el número de veces que se repite el bucle. Con esta estructura también se pueden emplear los Shift Register. La figura 3.11 indica la estructura de While Loop.

Figura 3.11 Ventana de Estructura While Loop en Labview.

Case Structure (Estructura Caso)

En las estructura de caso, sub conjuntos de rutinas desarrolladas en cada caso, si el programa lo requiere, los sub diagramas o casos pueden irse añadiendo uno tras

otro, pudiéndose ver sólo uno en el diagrama de bloques. El contenido, en el interior de la estructura, se ejecuta dependiendo del valor que se le conecta al selector, por ende, posee como mínimo dos sub diagramas, True y False pudiéndose alambrar valores enteros lógicos, de cadena o enumerados. Su interpretación en un lenguaje tradicional seria, **If** (la condición es verdadera), **then** (ejecutar caso Verdadero); **Else** (ejecutar case falso). En la figura 3.12 se muestra las ventanas true y false de una case Structure.

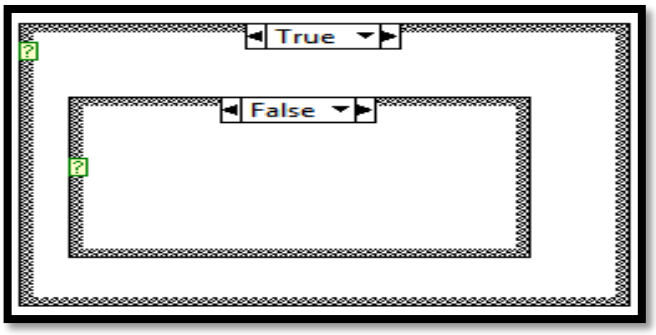


Figura 3.12 Ventana de la estructura Case Structure en Labview.

Sequence Structure (Estructura Secuencia)

Trabaja similar al Case Structure, es decir, sólo se puede visualizar un sub diagrama o cuadro a la vez en el diagrama de bloques, los demás van quedando debajo, posee un identificador de sub diagrama en la parte superior con botones cuya función es avanzar o retroceder. Sin embargo, como su nombre lo dice, secuencia su ejecución esto se refiere a que primero ejecuta la hoja número “0”, luego la número “1” y así sucesivamente. Esta estructura no devuelve ningún dato hasta que se ejecuta el último cuadro. A continuación en la figura 3.13 se muestran algunas ventanas de la estructura secuencial.

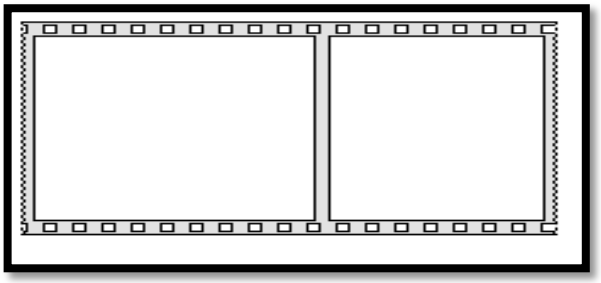


Figura 3.13 Ventanas de una Estructura Secuencial en Labview.

Event Structure

Este tipo de estructuras presenta varios sub diagramas, los cuales se ejecutan exactamente cuando la estructura se ejecuta. La estructura de Evento, como su nombre lo dice, espera hasta que sucede algún evento. Se pueden agregar nuevos eventos haciendo clic derecho en el borde de la estructura evento y posicionarse en Add Event Case. En la figura 3.14 se muestra la ventana de estructura Event Structure.

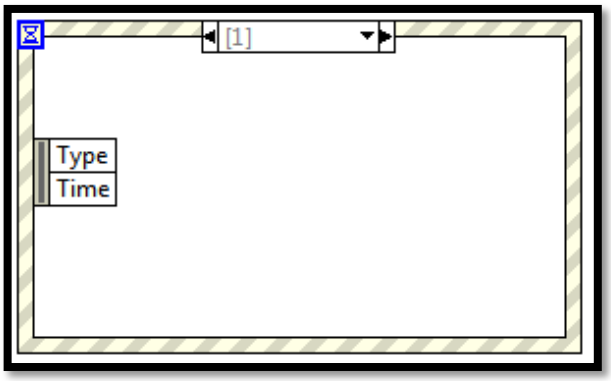


Figura 3.14 Ventana de la estructura Event Structure en Labview.

3.2. Sistemas Scada en Labview

3.2.1. Los Sistemas SCADA

Son sistemas completos que, además de poseer las funciones de un HMI, son capaces de registrar datos, generar alarmas y administrar un sistema de control distribuido a través de una red de hardware (usualmente PLCs, Microcontroladores y PACs), los principales componentes de estos sistemas se detallan a continuación en la figura 3.15.

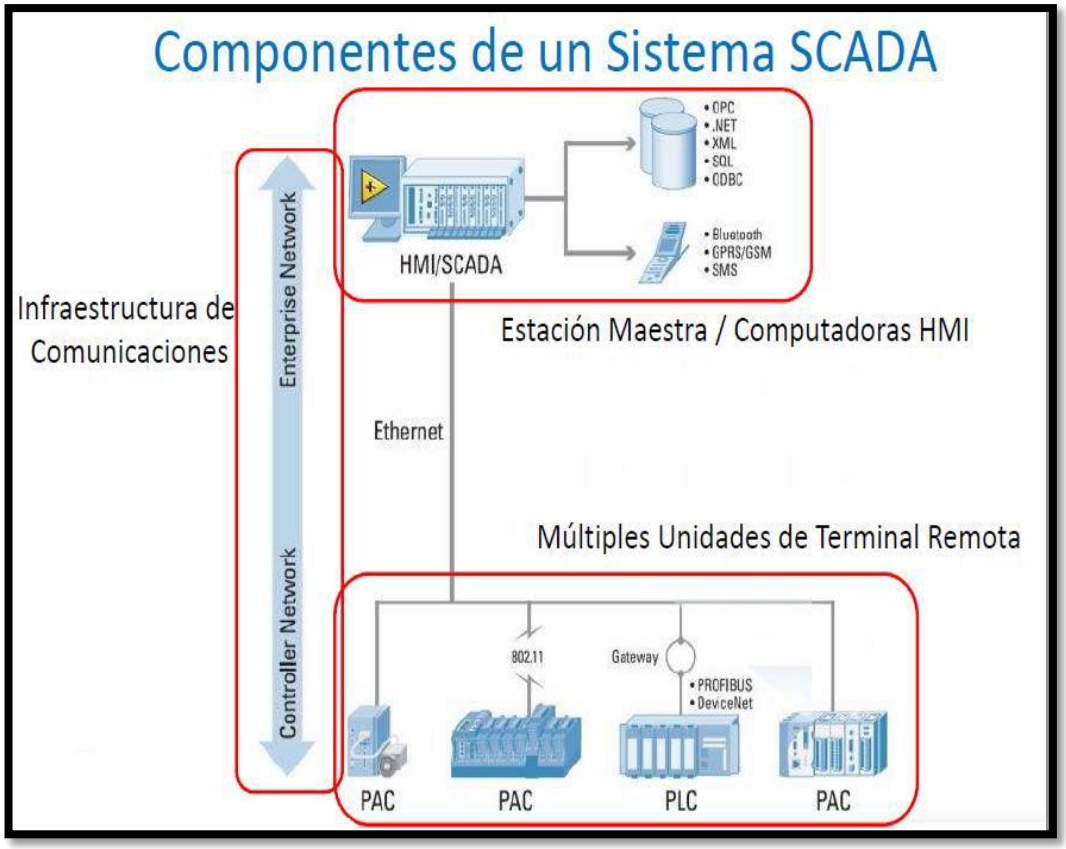


Figura 3.15 Componentes de un Sistema Scada.
Fuente: Sociedad INDUCONTROL ingeniería. S.A.C.
Disponible en: [http://www.inducontrol.com.pe].

3.2.2. El Computador como Supervisor

La mayoría de los sistemas SCADA están constituidos por el Hardware que generalmente es una red de controladores y estaciones remotas de adquisición de datos. La parte central de un sistema SCADA está en el Software SCADA, que es el encargado de supervisar y controlar el proceso a través del hardware de control. Por lo general el software SCADA trabaja conjuntamente con un PLC, Microcontrolador, PAC, o una red de estos. Este software permite supervisar el proceso desde un microcomputador, así como realizar las acciones de control a través del PAC controlador. En el mercado existen varios programas que realizan esta función, para este caso se hará referencias un software orientado a objetos, que permite realizar las funciones de un sistema SCADA. En consecuencia tan importante como el Hardware es el Software especializado para el control y la supervisión de procesos. Los niveles de software podrían ser escalonados en:

- Software de manejo a nivel de registros para las interfaces.
- Programa de usuario en lenguajes de alto nivel, utilizando rutinas suministradas por los fabricantes de hardware.
- Sistemas de desarrollo y generadores de código fuente dedicados a la adquisición y procesamiento de data así como el control y supervisión de procesos, Para este caso, Labview de National Instruments.
- Paquetes de control y supervisión de procesos, que permiten administrar el hardware de control de procesos basados en redes de microcomputadores y de controladores lógicos programables.

Definitivamente, el poder del software reside en la capacidad de mostrar: el estado de la planta en forma gráfica con varios niveles de detalle, el manejo de alarmas y la identificación rápida de fallas. Asimismo, la visualización de gráficos de tendencias de las variables más importantes y la generación y el almacenamiento de gran cantidad de información para su rápida y ordenada recuperación.

3.2.3. Características y Conceptos Importantes de un Sistema SCADA

- **Orientado a Objetos** - En un sistema de arquitectura totalmente orientada a Objetos, como labview cada objeto tiene su propia data, funcionalidad, y muestra características ligadas con ello.

- **Manejado por Eventos.-** Para el manejo de eventos dentro de esta estructura cada evento es activado por un cambio en los puntos de la data, presionado un switch o el disparo de un timer. En un sistema inherentemente manejado por eventos, los objetos se ejecutan independientemente unos de otros y se comunican a través de otros eventos.

- **Configuración en Línea –** la configuración en línea no requiere que el usuario recompile y/o descargue cambios a la base de datos, cada vez que su aplicación ha sido modificada. El usuario adiciona, elimina y modifica: PLCs, gráficos, lógica de control, RTUs, dispositivos de I/O, etc.; sin tener que interrumpir el proceso.

- **Gráficos** - Se debe tener una librería completa de gráficos y herramientas de animación. Por ejemplo el objeto de clase ANIMATOR provee de total

movimiento en X-Y, visibilidad y cambios de tamaño dinámicos y un secuenciador gráfico. Es compatible con archivos gráficos de tipo Bitmap (.BMP) y Windows Metafiles (.WMF).

- **Registro de Datos** - Los usuarios pueden definir su registro de datos históricos para intervalos regulares de tiempo, por una solicitud, a la ocurrencia de un evento o la combinación de todos ellos. Se puede capturar datos en disco ya sea delimitado por comas (CSV), en formato ASCII, o en un formato altamente comprimido.

- **Tendencias** - La característica ideal de registro de gráficos dinámico es que combine datos históricos con datos en tiempo real, en un solo gráfico de tendencias.

- **SQL.-** Es deseable en una base de datos de conexión abierta (ODBC); para que desde otras aplicaciones activas, se pueda recuperar data histórica desde la base de datos, usando un Lenguaje estructurado de consultas (SQL). Con simples consultas el usuario puede extraer data histórica desde aplicaciones como Visual Basic, Access, Excel, y MS Query.
- **Seguridad** - Los diseñadores de sistemas pueden establecer un número de cuenta a los usuarios. A cada usuario se le asigna uno de 10 niveles de seguridad. Estos niveles definidos para cada usuario determinan que paneles pueden mostrarse, así como los objetos que pueden controlar.

- **Alarmas** - La aplicación supervisará y gestionará las alarmas que se produzcan en la planta. Toda alarma que afecte a la planta será inmediatamente notificada al operador, además la notificación indicará cuál ha sido la causa que ha provocado la alarma. Para tener un registro de las alarmas que se vayan produciendo la aplicación generará un histórico, en formato de hoja de cálculo, de los siguientes datos sobre cada señal de alarma:

  - Hora de la notificación de la alarma.
  - Fecha de la notificación de la alarma.
  - Causa que ha provocado la alarma.
  - Operario encargado del control de la planta en el momento de la notificación de la alarma.

- **Intercambio de Data Dinámico (DDE) -** Se requiere la compatibilidad con el estándar DDE (formato CF_TEXT), fast DDE (formato XlTable) y NetDDE.

3.2.4. Desarrollando Aplicaciones SCADA[7]

Para hacer una aplicación de control, adquisición de datos y control de procesos se requiere en primer lugar hacer una evaluación exhaustiva de la problemática a solucionar. Con una evaluación rápida se puede descubrir si la aplicación requiere el uso de una tecnología basada en PLCs PACs, PC o DCS. Si la aplicación requiere de varios controladores, debe definirse la cantidad de controladores así como la arquitectura de comunicaciones. La arquitectura de comunicaciones define como van a enlazarse los controladores, con la aplicación dirigida a una planta nueva, hay libertad para elegir la forma de enlazar los controladores. Redes pequeñas de PACs y PLCs pueden enlazarse a través de una vía de comunicaciones y un protocolo común para integrar toda la planta. Adicionalmente se integran la red Industrial o de planta con el sistema administrativa tal que información útil entre ambas áreas pueden ser intercambiadas.

Una vez definida la arquitectura de comunicaciones y programados los controladores, podemos hacer la supervisión. En la mayoría de casos, se requiere que el software de control sea diseñado teniendo en cuenta las peculiaridades previstas para la aplicación con el Software SCADA. En un ambiente íntegramente orientado a objetos es posible hacer el programa de aplicación SCADA en línea, sin necesidad de parar el proceso. En general, debemos definir rápidamente cual será la arquitectura del sistema, es decir la distribución de las presentaciones en pantalla, así como los cálculos adicionales que haya que realizar, la oportunidad en la que deban hacerse y la forma de almacenar la Información. Una vez definida la arquitectura de presentaciones, generalmente es bueno tener una imagen como fondo de pantalla sobre la cual se pondrán los controles, botones y registros gráficos. Es importante recordar que, si bien es cierto resulta muy atractiva, una imagen de fondo no es más que una figura, por lo que las imágenes de fondo pueden ser hechas utilizando un software especializado de diseño gráfico. En la figura 3.16 se muestra un panel frontal de un sistema de llenado de tanques.

[7] Manual del sistema SCADA – UNAC – FIEE, INDUCONTROL S.A.C, *Copyright Febrero 2010*

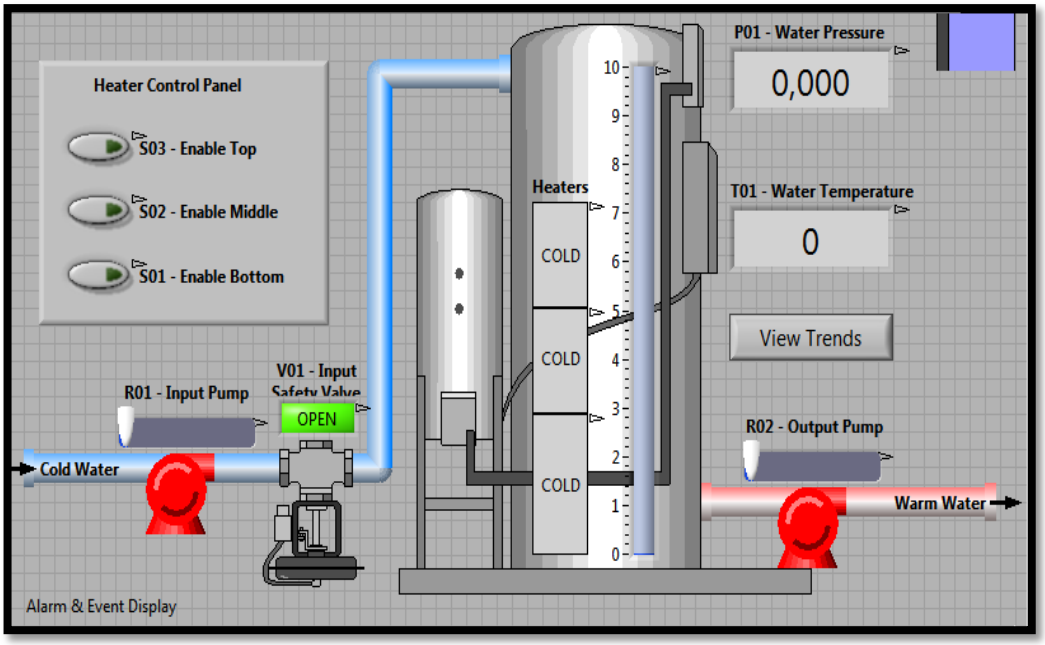


Figura 3.16 Aplicación Scada, para Llenado de Tanques de Combustible.

Fuente: Ejemplos de Labview 2011

- **VARIABLES COMPARTIDAS**: Las variables compartidas son una poderosa herramienta, que tiene por objetivo, ofrecer una comunicación transparente entre los componentes de la red industrial, tanto a nivel de software como de hardware. En la figura 3.17 se muestra gráficamente al proceso de creación de una variable compartida.

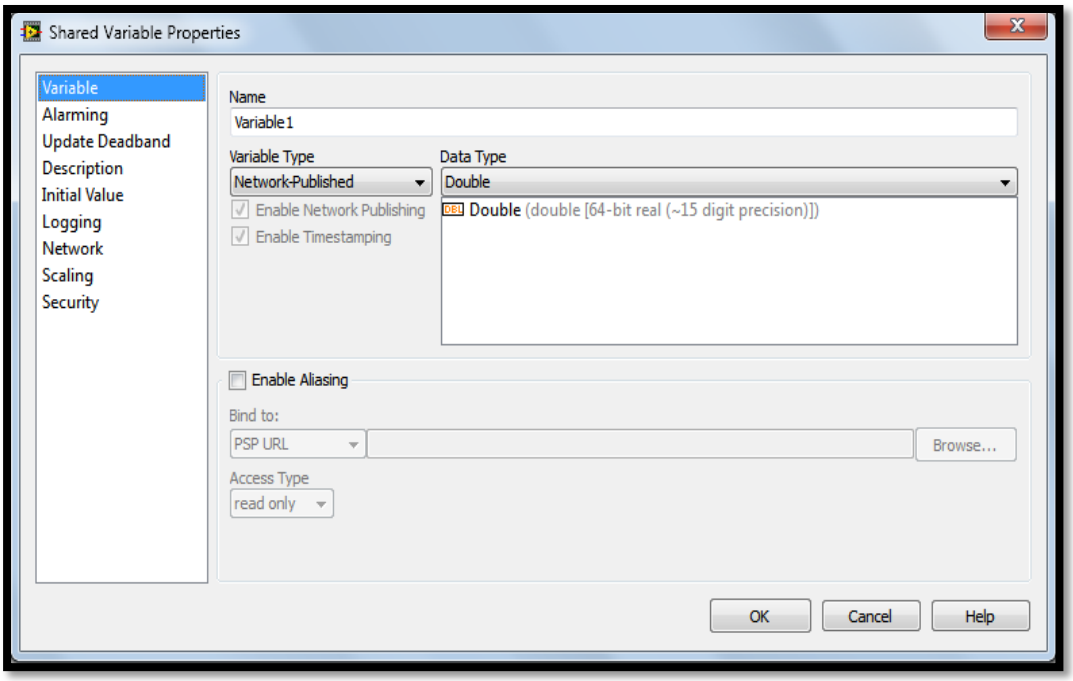


Figura 3.17 Ventana de Propiedades de Variable Compartida.

Las variables compartidas pueden adoptar todos los tipos de datos que ofrece Labview Array, booleano, entero, reales, etc. Además de ello, se puede obtener de cada variable, lo que se denomina, la estampa de tiempo, que es el indicador del instante en que se escribió la variable en uso.

3.2.5. Tecnologías OPC

OPC se basa en la tecnología OLE/COM (Object Linking and Embedding / Component Object Model) de Microsoft. Esta es la tecnología que permite que componentes de software sean utilizados por una aplicación. De esta forma se desarrollarán componentes en C y C++ que encapsulen los detalles de acceder a los datos de un dispositivo, de manera que quienes desarrollen aplicaciones empresariales puedan escribir código en Visual Basic que recoja y utilice datos de planta. El diseño de las interfaces OPC soportan arquitecturas distribuidas en red. El acceso a servidores OPC remotos se hace empleando la tecnología DCOM (Distributed COM) de Microsoft.

3.2.6. Arquitectura general y componentes OPC

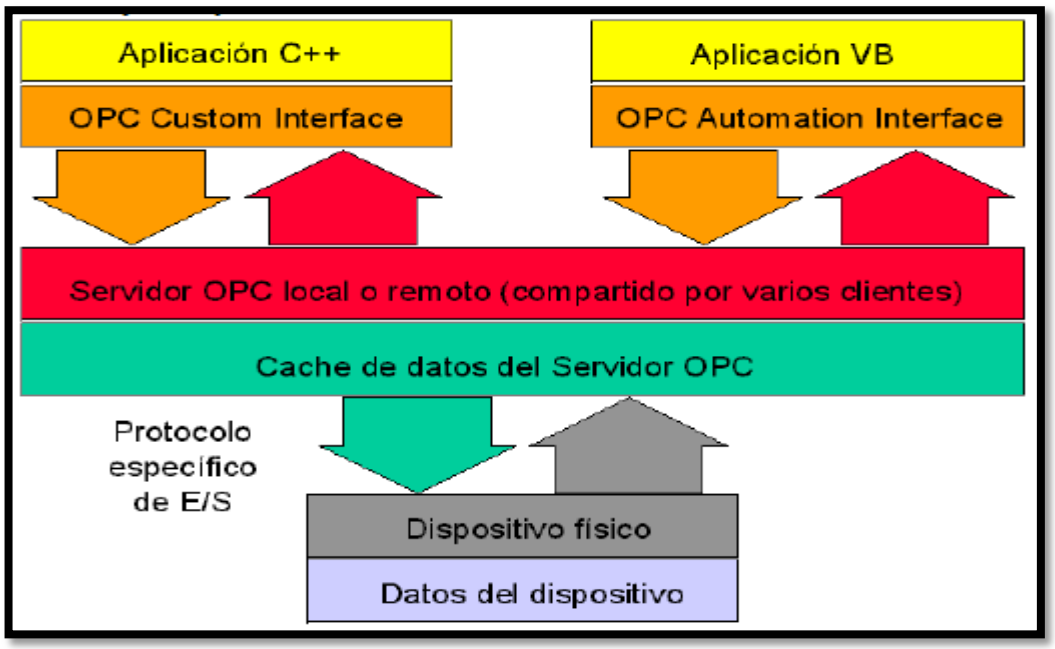


Figura 3.18 Arquitectura interna y componentes OPC

Fuente: Autómatas Industriales.

Disponible en: [http://www.automatas.org/redes/opc.htm].

La arquitectura de los sistemas OPC incluye los siguientes niveles:

- **Gestión de campo.-** Es toda la información sobre los dispositivos de instrumentación; estado, constitución, configuración, etc.

- **Gestión de proceso.-** Son los datos sobre el proceso productivo adquiridos y procesados por sistemas SCADA y DCS.

- **Gestión de negocio:** integración de la información de planta en los sistemas que gestionan los aspectos financieros de la fabricación.

Se trata de que en la industria se puedan utilizar herramientas estándar como pueden ser paquetes SCADA, bases de datos, hojas de cálculo, para construir un sistema que responda a sus necesidades de mejora de la productividad. Para ello es necesario desarrollar una arquitectura de comunicaciones abierta y efectiva que se centre en el acceso a los datos, no en los tipos de datos. Hay muchas aplicaciones cliente que requieren datos de dispositivos y acceden a ellos desarrollando controladores o drivers de forma independiente. Esto implica:

- Aumentar esfuerzos ya que todos los programas necesitan un driver para un determinado hardware.
- Falta de consistencia entre drivers, debido a que hay características del hardware no soportadas por todos los drivers.
- Cambios en el hardware, los cuales hacen que los drivers queden obsoletos.
- Conflictos de acceso dado que generalmente dos programas no pueden acceder simultáneamente al mismo dispositivo, puesto que poseen drivers independientes.

Los fabricantes de hardware no pueden desarrollar un driver eficiente utilizable por todos los clientes debido a las diferencias de protocolos entre clientes. OPC proporciona un mecanismo para extraer datos de una fuente y comunicarlos a cualquier aplicación cliente de manera estándar. Los fabricantes de hardware pueden desarrollar servidores optimizados para recoger datos de sus dispositivos. Dando al servidor una interface OPC que permite a cualquier cliente acceder a estos dispositivos.

3.2.7. Arquitectura de un Servidor OPC

Un servidor OPC se compone de varios objetos que se ajustan a la norma COM; el objeto servidor contiene información sobre la configuración del servidor OPC y sirve de contenedor para los objetos tipo grupo. El objeto grupo, sirve para organizar los datos que leen y escriben los clientes. Se pueden establecer conexiones por excepción entre los clientes y los elementos de un grupo. Un grupo puede ser público, es decir, compartido por varios clientes OPC. El objeto ítem, representa conexiones a fuentes de datos en el servidor, mas no son las fuentes de datos en sí, tiene asociados los atributos Value, Quality y Time Stamp. Los accesos a los ítems OPC se hacen a través de los grupos OPC y los clientes pueden definir el ritmo al cual el servidor les informa sobre cambios en los datos. El acceso a los objetos COM se hace a través de interfaces, que son lo único que ven los clientes OPC. Los objetos descritos son representaciones lógicas que no tienen por qué coincidir con la implementación que se haga del servidor OPC. En Resumen, OPC (OLE for Process Control) es un estándar abierto de la industria para comunicación con PLCs y otros dispositivos, la arquitectura cliente-servidor permite, a los paquetes HMI hablar con diferentes dispositivos ; mientras que NI OPC Servers permite la comunicación a una gran variedad de PLCs. En la figura 3.19 se muestra un esquema de un servidor OPC.

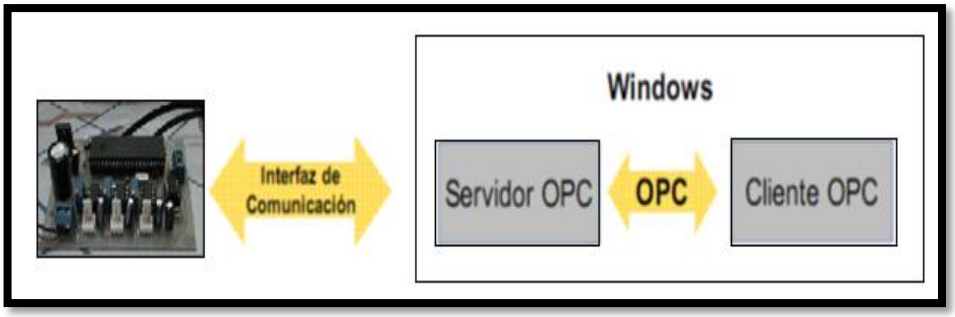


Figura 3.19 Diagrama de Bloques de un Servidor OPC

3.2.8. El Modulo de Labview, Dataloggin and Supervisory Control (dsc)

El Módulo de Control Supervisión y Registro de Datos, DSC añade características y capacidades a Labview para ayudarle a crear aplicaciones automáticas o aplicaciones que podrían monitorear un largo número de datos. El Módulo de DSC proporciona soluciones para control y supervisión de una amplia variedad de sistemas distribuidos, usando la flexibilidad de programación gráfica de labview. Se utiliza el Módulo de DSC de labview para aplicaciones típicas como: cambiar

setpoints o enviar instrucciones de control a dispositivos individuales mientras esté supervisando el sistema entero. El Módulo labview DSC proporciona una variedad de características y capacidades como la que se indiquen a continuación:

- Colección histórica de datos y direcciones.
- Reportes y registros de alarma y evento.
- Base de datos en tiempo real.
- Seguridad.
- Configuración de utilidades y asistentes.
- Conexión para PLC y Redes de Dispositivos Industriales.
- Conexión OPC en ambiente cliente servidor.
- Conexión para una amplia selección de dispositivos servidores.

El Modulo Labview DSC, al ser instalado, permite utilizar algunas sub paletas que se hallan ubicadas en la paleta de controles del panel frontal, entre las que se encuentran

- Recipientes (Vessels).- aquí encontramos varios tanques, un depósito, y una caja. Todos estos objetos son de tipo numéricos.
- Tuberías, Bombas y Válvulas (Pipes, Pumps, & Valves).- muestra algunos objetos como tuberías, bombas, y válvulas booleanas.
- Alarmas y Eventos.- dispone de un juego de display's, Herramientas de formato, y un conjunto de herramientas para manejar alarmas y eventos.
- Direcciones (Trends).- permite acceder a tendencias histórica de un gráfico XY y tendencias en tiempo real de un gráfico waveform chart.
- Tipos de Datos para el Servidor DSC.- Varias definiciones de tipos de datos que se puede usar para instrumentos virtuales basados en arquitectura cliente servidor.

En la figura 3.20 se muestra la paleta de control del módulo DSC en la que se muestran los diferentes elementos y sub papeletas que este módulo ofrece, dentro del entorno de Labview.

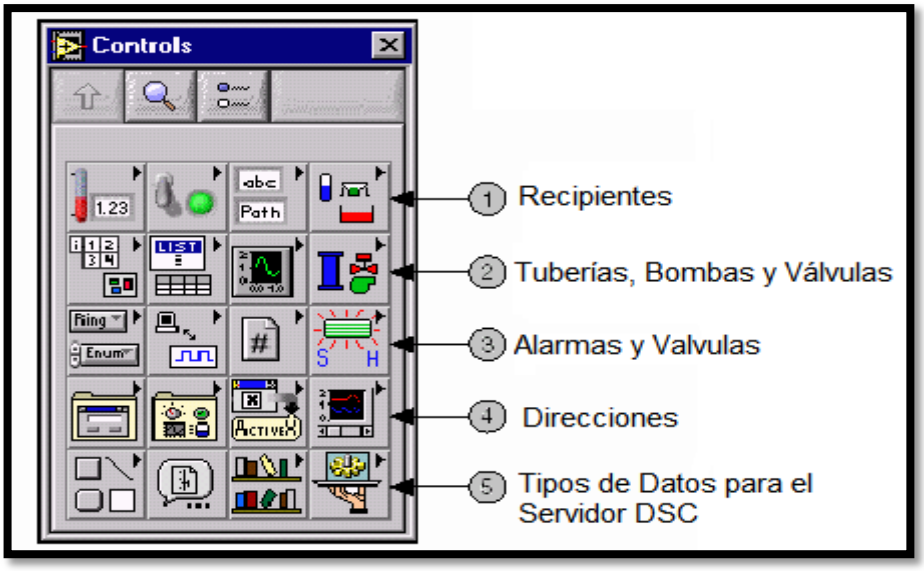


Figura 3.20 Paleta de Control del Módulo DSC en Labview.

Además de esta paleta el entorno labview con su módulo DSC ofrece sub paletas que se agregan en la paleta de funciones, las mismas que se describen rápidamente a continuación.

- Tags.- Estos instrumentos y funciones son usados para leer los más recientes valores de un tag, escribir un nuevo valor para un tag y obtener datos para una dirección en tiempo real.
- Alarmas & Eventos.- Son instrumentos usados para reconocer alarmas, desplegar el resumen de la alarma o la información histórica del evento, y obtener el estado de la alarma.
- Características de un Tag.- Sirven para leer y escribir en los parámetros de configuración de un tag.
- Datos Históricos.- suelen ser utilizados para leer y escribir datos históricos acerca de un tag, para direcciones de datos y muestras, calcular datos estadísticos para una dirección histórica, o convertir datos de una dirección histórica a una hoja de cálculos.
- Sistema.- Permite activar o parar el motor de Tag, para habilitar o deshabilitar registro de eventos, para imprimir o registrar datos históricos, o para manipular el ambiente de módulo DSC.
- Sistema y Seguridad.- Se usa para acceder a la información de seguridad acerca de su aplicación.
- Desarrollo del Servidor DSC.- Esta herramienta se destina a desarrollar instrumentos virtuales basados en dispositivos servidores.

La figura 3.21 muestra la paleta de funciones y las sub paletas que se instalan y agregan a esta paleta con el módulo DSC de Labview.

Figura 3.21 Paleta de Funciones del Módulo DSC de Labview.

3.2.8.1. Servidores basados en VI

Todos los servidores basados en VI incluyen un instrumento que se usa para registrar el servidor. Para seguridad del programador antes que pueda usarse un servidor basado en VI se puede correr este registro VI. El módulo labview DSC instalará servidores basados en VI, los cuales son usados por el módulo DSC de labview. Estos servidores incluyen servidores tanques, el servidor SIM, y el servidor cookie. Ellos residen en el archivo labview\examples\lvdsc\servers.

3.2.8.2. Carga del utilitario de configuración de servidores

Cuando se registra un dispositivo servidor basado en VI o un dispositivo servidor IAK en su sistema, el Modulo Labview DSC también registra la dirección de esta configuración. Por lo que se puede acceder y abrir las utilidades de configuración del servidor registrándose desde el editor de configuración del Tag, seleccionando en (Servers, Server Ñame, Configuration).

3.2.8.3. Uso Labview DSC como un servidor OPC

Labview sin el módulo DSC puede actuar con un cliente OPC a través de la conexión DataSocket connection. Pero sin embargo, Labview con el módulo DSC, puede actuar de ambas formas ya sea como cliente OPC o como servidor OPC, puesto que es un servidor OPC. Un cliente OPC puede arrancar el motor de Tag y cuando esto acurre se carga en un archivo con extensión .scf, el motor de Tag puede entonces cargar cualquier servidor que el tag requiera y se almacena en el archivo .scf. Pero un cliente de OPC no puede especificar que archivo, de tipo .scf debe usar el motor de tag, este motor puede utilizar solo el archivo actualizado de tal forma que se debe asegurar que el archivo .scf sea el correcto. Cuando se ingresa datos desde el motor de Tag que actúa como un servidor OPC, un software cliente como Lookout o algún otro software cliente de OPC, este ve el motor de tag como un servidor OPC llamado National Instruments OPC Labview; donde los nombres que se fija en el archivo .scf aparece como nombres de ítems OPC. Si el archivo .scf contiene tags de memoria que manejan valores calculados por uno de los VI's, aquellos valores no se actualizan a menos que se haga correr la aplicación manualmente.

3.2.8.4. Servidor OPC usando DSC como cliente OPC

El módulo DSC puede funcionar como un cliente OPC y comunicarse con cualquier servidor que implementa la interface del servidor OPC, la misma que es una plataforma basada en el estándar COM de Microsoft. El módulo DSC encuentra todos los servidores OPC instalados en el computador y lee cualquier información sobre capacidades del servidor y los ítems manejados directamente por este.

Configuración

Es necesario configurar el módulo DSC como cliente OPC por las siguientes razones:

- Si el servidor no soporta la comunicación asincrónica, se puede forzar al cliente para usar comunicación sincrónica
- Si el servidor tiene muchos ítems OPC se puede aumentar el número máximo de ítems que se despliega mientras que se lee el servidor.

- Si se ejecuta muchas escrituras en el servidor y este recibe un sobre flujo de salida, se puede incrementar la longitud de la fila de escrituras asincrónicas completas al servidor OPC.

3.2.8.5. Uso de Tags para Manejo de Entradas y Salidas

Con el Módulo DSC es posible usar un tag para crear y mantener una conexión con entradas y salidas exteriores. Se puede también usar un tag de memoria para datos que por su aplicación necesita usar o realizar trazos. Un tag de red es una etiqueta concertada remotamente o cualquier tipo de etiqueta residente, otro motor de tag. Las tareas que se hace a través de etiquetas dependen de la configuración de los atributos de Tag (etiqueta). Los atributos de tag son las maneras en que los tags se pueden actualizar y escalar, las formas de cómo, cuándo y dónde los tags son almacenados en una base de datos histórica, los niveles de alarma y las prioridades de los datos en los tags. Además, se puede organizar etiquetas en grupos lógicos para conveniencia y eficacia, configurar el tipo de datos de etiqueta, fijar valores de iniciación, fijar bandas muertas separadas para cargar o actualizar datos, pegar unidades de medidas a los datos, pegar un mensaje de alarma a una etiqueta cuyos valores ingresan rangos de alarmas y colocar bandas de tolerancia de alarma desde la carga y actualizar bandas muertas.

3.2.8.6. Configuración de Archivos

Después de crear etiquetas y configurar sus atributo la información se graba en un archivo de configuración (.scf) Cualquier utilitario del módulo DSC que necesita información acerca de una etiqueta utiliza un archivo .scf. Estos utilitarios incluyen motores de etiqueta, monitores de etiqueta y HMI Wizard, los cuales generalmente acceden al archivo .scf para encontrar una lista de etiquetas activas y otra información de configuración. El archivo .scf no contiene ninguna información sobre el HMI. En efecto, no necesita especificar ninguna aplicación independiente, es decir, múltiples aplicaciones pueden correr concurrentemente usando el mismo .scf.

3.2.8.7. Visualización y Control con Labview DSC

Un HMI es el interface a través de la cual un operador de proceso interactúa con el sistema y con el ambiente externo que labview monitorea y controla. En una aplicación desarrollada en labview, se usa Instrumentos virtuales con el HMI. El módulo DSC instala controles personalizados, indicadores, VI's y funciones que hacen fácil la creación de una HMI. DSC incluye un conjunto de VI's con los cuales

se puede controlar el HMI, proporciona también acceso a la base de datos en tiempo real y a la base de datos histórica, puede realizar cálculos matemáticos y lógicos y cambios entre diferentes pantallas de una o varias aplicaciones. El módulo de DSC tiene librerías de VI's que contemplan VI's de alarmas y eventos, VI's de históricos de datos, VI's del Sistemas, VI's de Tags, y VI's de atribuciones.

Existen muchos principios de programación que labview ha incluido con los cuales ya se ha trabajado y es un entorno sobre el que se va a desenvolver el HMI. Para programas que construyan y manejen HMI más avanzadas se pueden utilizar Nodos de propiedad y los elementos del VI Server.

3.2.9. Componentes de Hardware

Un sistema SCADA, como aplicación de software industrial específica, necesita ciertos componentes inherentes de hardware en su sistema, para poder tratar y gestionar la información captada. En la figura 3.22 se muestra la estructura básica de un sistema SCADA a nivel de hardware.

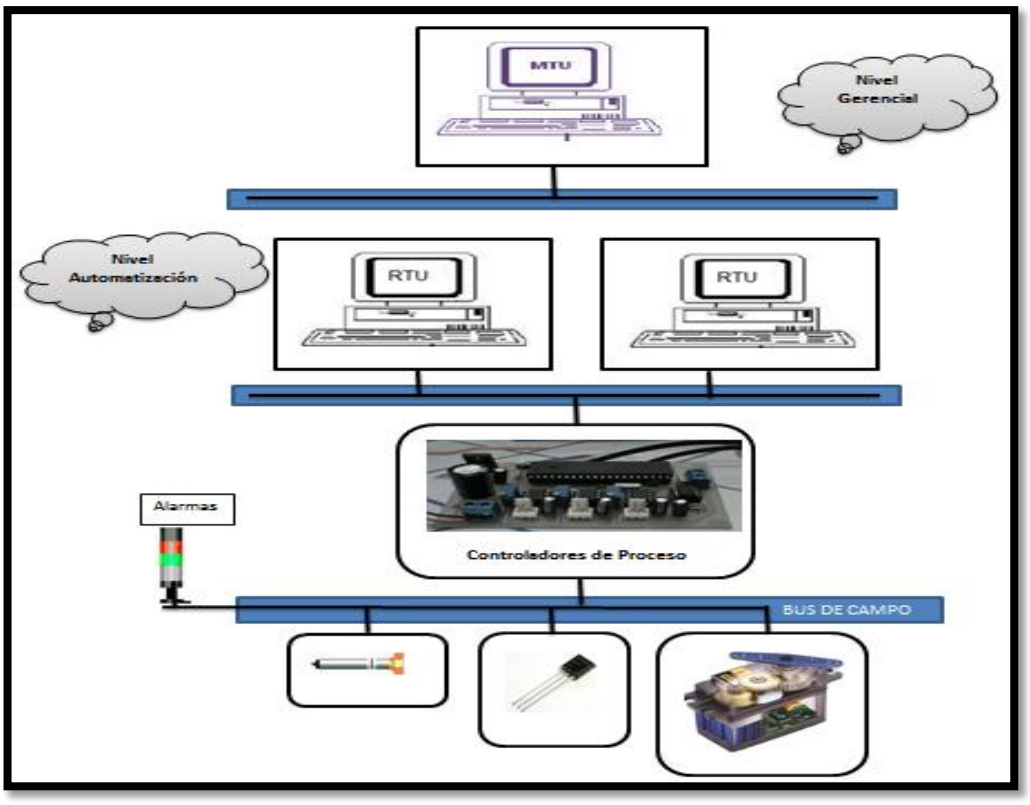


Figura 3.22 Estructura Básica de un Sistema SCADA a Nivel de Hardware.

- **Ordenador Central o MTU** (Master Terminal Unit).- Se trata del ordenador principal del sistema el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones, bien sean otros ordenadores conectados a los instrumentos de

campo o directamente sobre dichos instrumentos. Este ordenador suele ser un PC, el cual soporta el HMI. De esto se deriva que el sistema SCADA más sencillo es el compuesto por un único ordenador, el cual es el MTU que supervisa toda la estación. Las funciones principales de la MTU son:

- Consulta en forma periódica a las RTU's, y les transmite información; siguiendo usualmente un esquema maestro-esclavo.

- Actúa como interface al operador, incluyendo la presentación de información de variables en tiempo real, la administración de alarmas, y la recolección y presentación de información historiada.
- Puede ejecutar software especializado que cumple funciones específicas asociadas al proceso supervisado por el SCADA. Por ejemplo, software para detección de pérdidas en un sistema térmico.

- **Ordenadores Remotos o RTUs (Remote Terminal Unit):** Estos ordenadores están situados en los nodos estratégicos del sistema gestionando y controlando las subestaciones del sistema, reciben las señales de los sensores de campo, y comandan los elementos finales de control ejecutando el software de la aplicación SCADA. Se encuentran en el nivel intermedio o de automatización, a un nivel superior está el MTU y a un nivel inferior los distintos instrumentos de campo que son los que ejercen la automatización física del sistema, control y adquisición de datos.

- **Red de comunicación:** Éste es el nivel que gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de ordenadores desde el sistema. El tipo de BUS utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para implementar el sistema SCADA, ya que no todos los tipos de software y otros instrumentos de campo pueden trabajar con todos los tipos de BUS.

- **Instrumentos de Campo**: Son todos aquellos que permiten tanto realizar la automatización o control del sistema; PLCs, controladores de procesos industriales, y actuadores en general, como los que se encargan de la captación de información del sistema entre estos sensores y alarmas. Una característica de los Sistemas SCADA es que sus componentes son diseñados por distintos proveedores, sin coordinación entre sí. Así, se tienen diferentes proveedores para las RTU's, incluso

es posible que un sistema utilice RTU's de más de un proveedor, módems, radios, minicomputadores, software de supervisión e interface con el operador, software de detección de pérdidas, etc.

3.2.10. Redes LAN Y Protocolo TCP/IP

Existen diferentes medios para que los datos puedan ser intercambiados entre los instrumentos de campo y el computador. Muchos de los instrumentos poseen un puerto serial, mediante el cual la información es enviada hasta el computador o hasta otros instrumentos. El uso de GPIB o Buses de Intercambio de Propósito General, permiten transferir datos a través de puertos paralelos, puertos series y redes de instrumentos u ordenadores.

- **Redes y protocolo TCP/IP**

Una de las principales evoluciones en la comunicación ha sido el paso del modo centralizado al modo distribuido o repartido. Uno de los efectos de los progresos realizados en el plano de los componentes físicos está, en muchos casos, en el abandono de la máquina central encargada de la ejecución de las diferentes tareas en beneficio de varias máquinas. En dicho entorno, se hace presente la necesidad de intercambio de información entre diferentes máquinas y puede tratarse de intercambio de datos entre programas, archivos o informaciones entre usuarios. El concepto de red corresponde a esta interconexión entre diferentes máquinas.
Las funciones de las redes están en constante evolución y se pueden caracterizar por el paso del modo centralizado al modo distribuido. En el primero, los recursos necesarios para una actividad deben localizarse explícitamente; por tanto, un usuario tiene que tener una cierta idea de la topografía de la red. Con el concepto de distribución, los diferentes recursos de un mismo tipo constituyen un recurso virtualmente único.

Un primer criterio de clasificación de redes es el alejamiento de sus diferentes componentes. En el caso de una red local, la distancia que separa los huéspedes no excede de varios kilómetros permitiendo una interconexión física que se realiza mediante diferentes soportes. En una red a larga distancia para la unión entre dos huéspedes puede utilizarse como soporte la línea telefónica o satélites. La multiplicación de redes locales que ofrecen servicios a un grupo restringido de

usuarios, ha mostrado rápidamente sus límites y se ha dejado sentir la necesidad de superar el cuadro local de sus intercambios. Para satisfacer estas necesidades se han realizado investigaciones para obtener una red lógica que, a priori, permita la interconexión de todas las redes, cualquiera que sea la tecnología. Estas investigaciones convergen en la definición de una serie de protocolos a los que generalmente se hace referencia nombrando los dos protocolos principales, es decir TPC/IP.

- **Protocolos IP**

Los interfaces IP aseguran la gestión de los protocolos específicos a cada tipo de red física. Uno de los papeles que les incumbe es la fragmentación de los mensajes que se van a emitir; se trata de dividir los mensajes para enviarlos mediante un trama física. El protocolo IP se utiliza para el intercambio de paquetes de información en modo no conectado: por tanto no garantiza la llegada correcta de los mensajes. Esta funcionalidad se introducirá mediante el protocolo TCP.

- **Protocolos TCP**

TCP es un protocolo orientado a conexión, que ofrece un servicio seguro de transporte de información en grupos de datos denominados octetos, los octetos que se emiten desde un lado de la conexión se liberan en el mismo orden al otro lado de la conexión. Este grupo de octetos no tiene ninguna estructura, la conexión se realiza en modo dúplex; por tanto, soporta una comunicación simultánea en los dos sentidos.

El modelo de servidor/cliente es el modo de interacción más corriente entre aplicaciones en una red, en la cual un servidor es un programa que ofrece un servicio en la red, es decir, que realiza una función específica. Como por ejemplo, servidor de datos adquiridos. Mientras que un cliente es un programa que dirige a un servidor una petición específica que corresponde a una demanda de servicio. De este modo, en el caso de aplicaciones que se comuniquen utilizando estos protocolos, se enviará una petición de un cliente a un servidor por mediación de un paquete que contiene un número de puerto que corresponde al servicio y el número del puerto donde el cliente espera la respuesta.

- **Adquisición de Datos Locales y Comunicación Remota**

Muchos de los sistemas SCADA empleados necesitan comunicarse vía red, puertos GPIB, telefónica o satélite. Mientras que existen unos ordenadores que están capturando datos en campo llamados Estaciones Remotas, hay otros que se encargan de recoger la información y gestionarla los que se denominan centros de control. La Aplicación en este proyecto tiene una similitud con los sistemas SCADA de gran tamaño que gestionan una gran cantidad de información ya que existe un computador que está capturando los datos de la nave y otro que puede encontrarse en cualquier punto de la red. Esto se ha realizado gracias a la red de la UDA el protocolo TCPI/IP y la implementación de un sistema cliente/servidor para Labview. Este cliente/servidor de TCP/IP ha sido diseñado a partir de unos ejemplos demostrativos del funcionamiento de Labview con TCP/IP, mejorado y adaptado para este proyecto. En la Figura 3.23 está representada dicha comunicación.

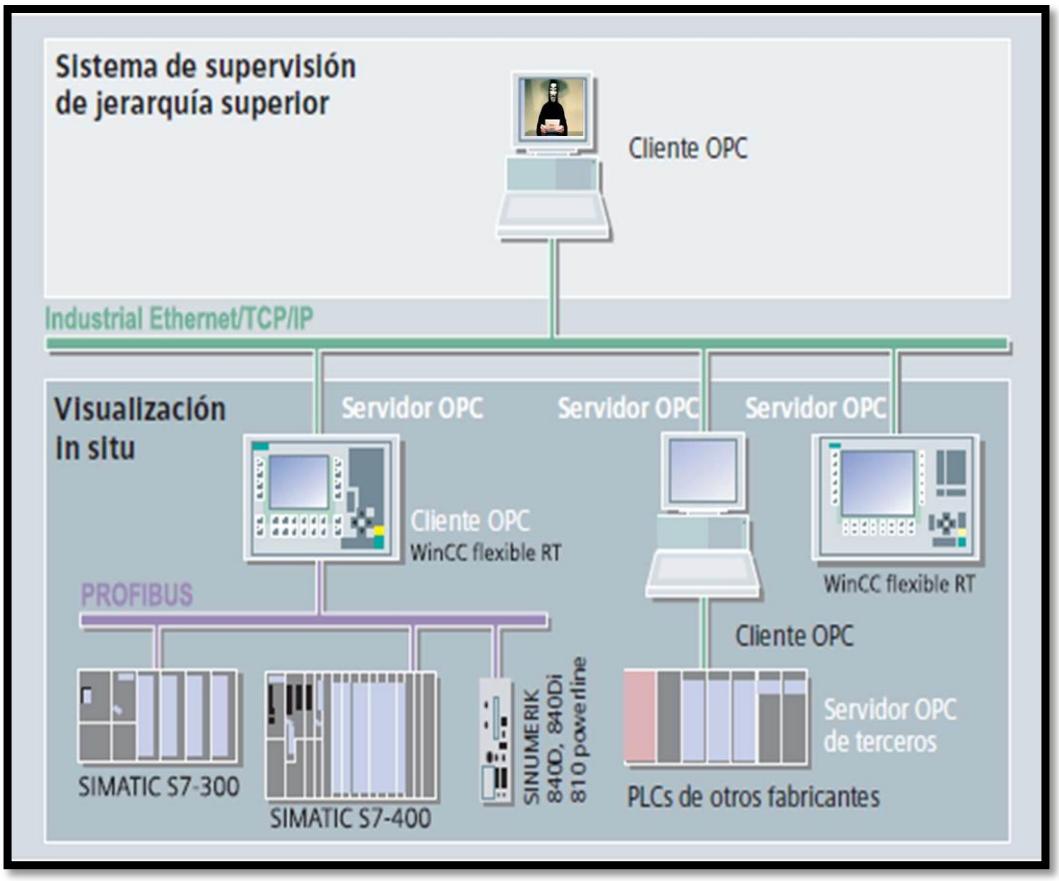


Figura 3. 23 Comunicación utilizada por el SCADA.

Fuente: Automatismo Profe. Paul

Disponible en: [http://profesorpaul.blogspot.com/p/servidores-opc.html].

De esta manera se consigue que los datos que se están capturando en el ordenador, puedan ser vistos por ejemplo desde una oficina. Permitirá un apoyo y supervisión constante por parte del personal encargado de la nave, que puede encontrarse en cualquier punto de la red.

3.3. Programación en Labview

3.3.1. Lectura del Puerto Serial

Para utilizar el puerto serial desde una aplicación en labview se debe iniciar una sesión con el paquete VISA. La configuración del tipo de comunicación serial se hace con el recurso VISA configure serial port, el cual se puede encontrar en Functions, Instrument I/O, Serial, VISA configure serial port. Como se indica en la figura 3.24

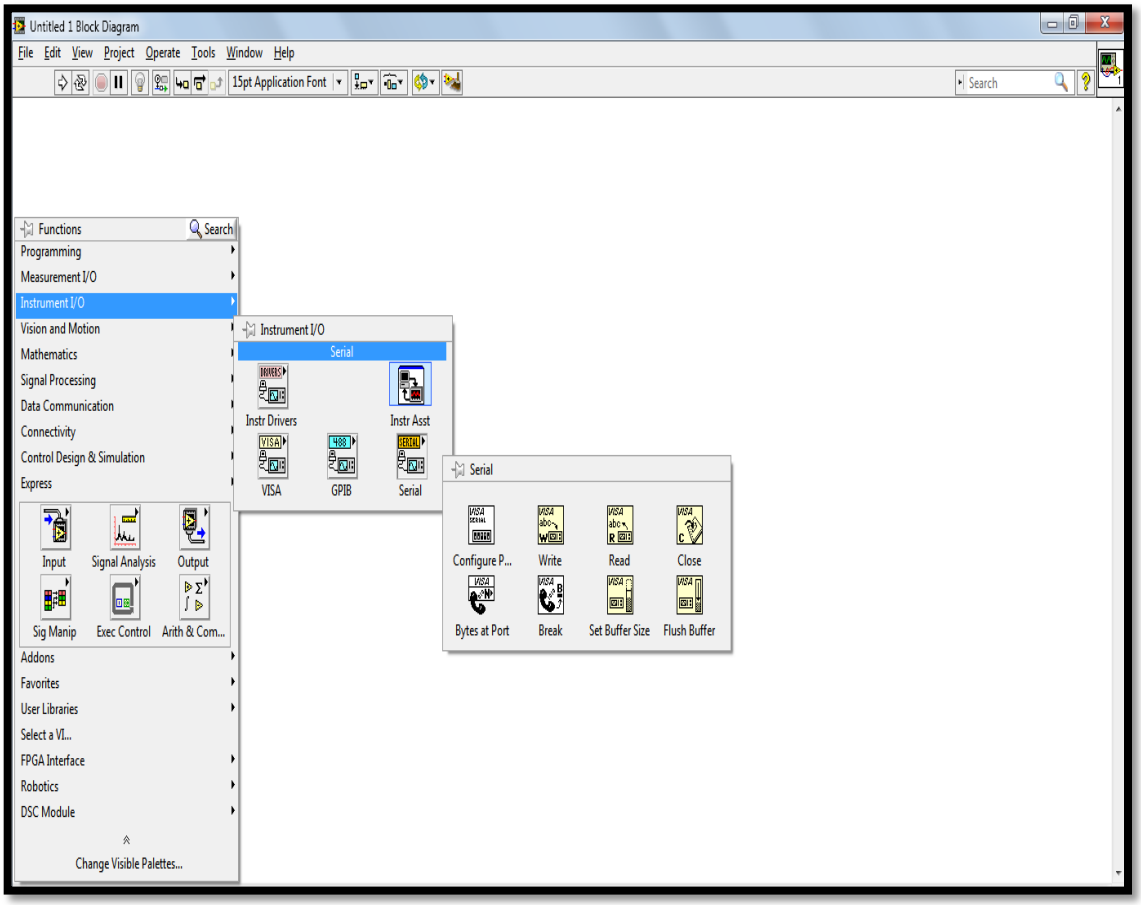


Figura 3. 24 Paleta de Funciones de VISA

Una vez inicializada la sesión VISA, se procede a configurar la lectura. Para lo cual se utiliza “VISA Read”, como lo muestra la figura 3.25.

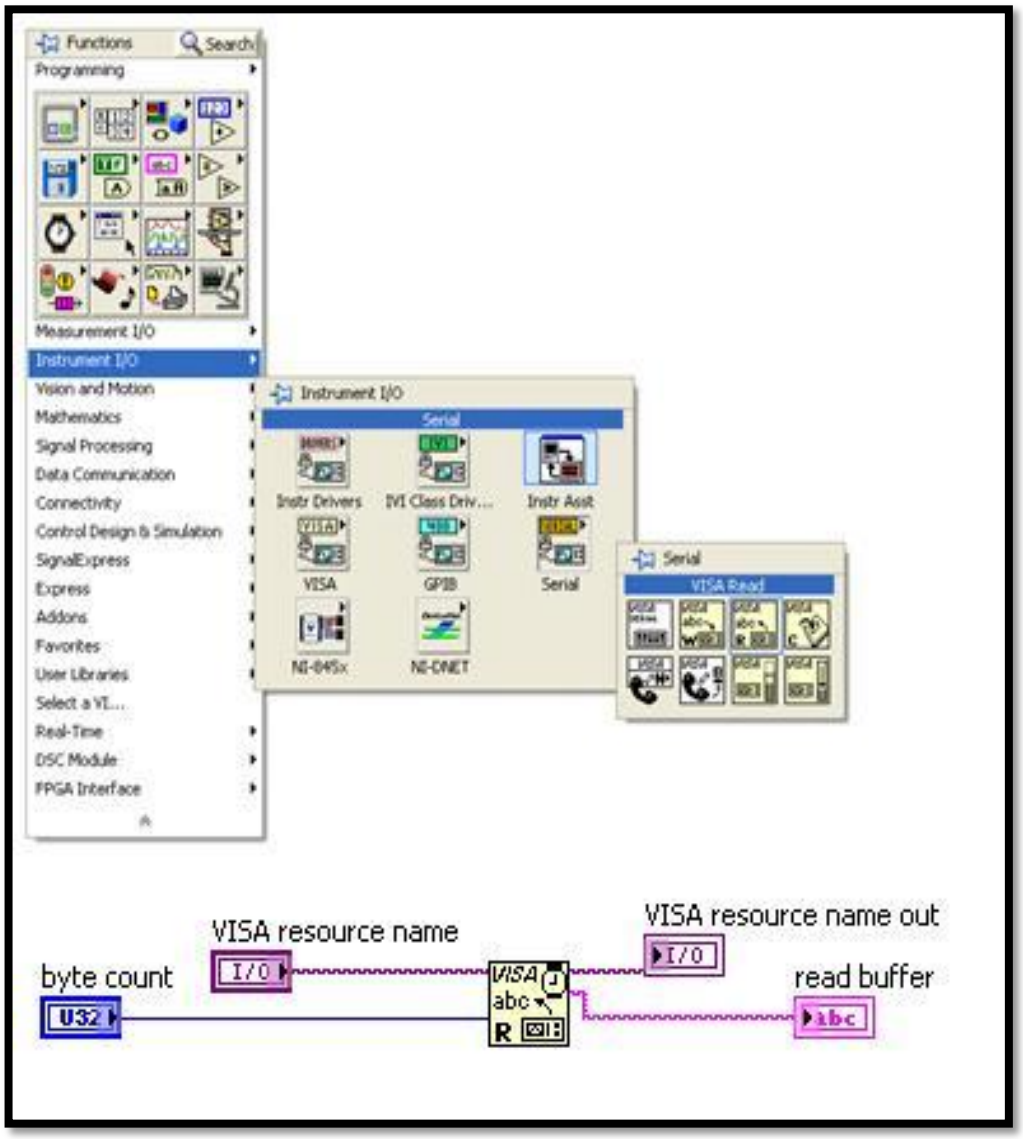


Figura 3. 25 VISA Read

El nodo de “byte count” recibe el tamaño de buffer que previamente fue escrito en el puerto, para su identificación, se coloca un Property Node ubicado en Functions, Programming, Property Node. Su nodo de referencia se conecta a la sesión VISA creada y luego, en property node se da un click para seleccionar Serial Settings, Number of bytes at serial port.

Por último se debe cerrar la sesión VISA para liberar el puerto y poderle dar otra función. Esto se logra con VISA close en Functions, Instrument I/O, Serial, Visa Close, y, como buena costumbre de programación se coloca un controlador de

errores. La figura 3.26 muestra una secuencia de lectura del puerto serial mediante una sesión visa de Labview.

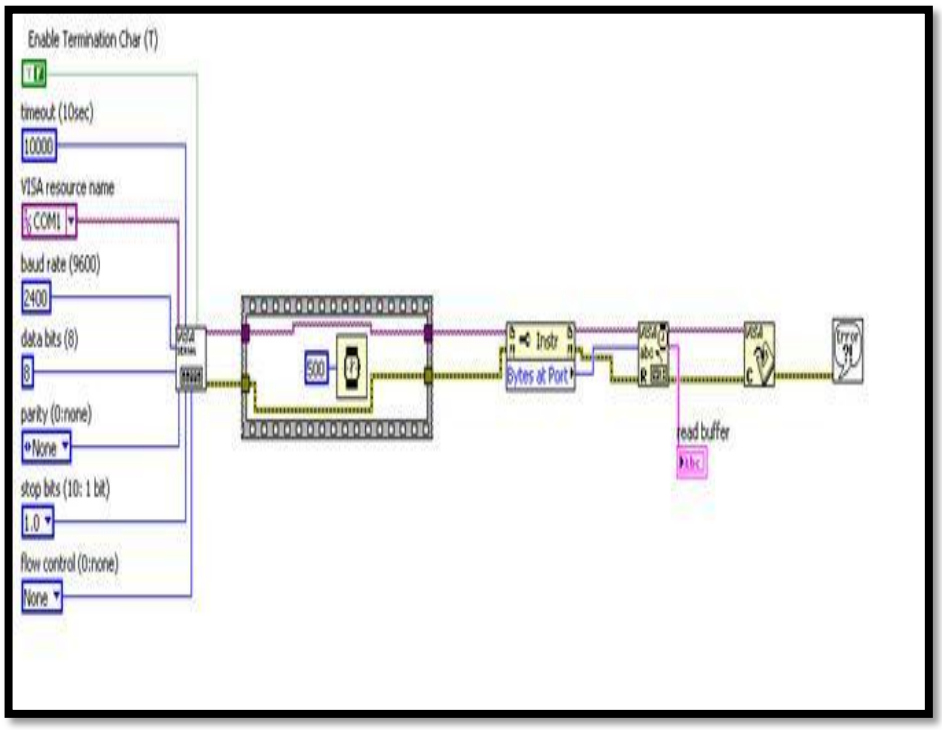


Figura 3. 26 Lectura del Puerto Serial con una Sesión VISA de Labview

Un punto a tomar en cuenta es la configuración de la velocidad de transferencia de datos del microcontrolador en la terminal Baud rate del Visa Configure serial port, de tal manera que sea la misma para ambos; para esta aplicación 2500 baudios. La estructura stacked Sequence con la función wait es solo una especie de demora programada de forma que permita la lectura. También es importante seleccionar el puerto COM adecuado. Con Labview se puede comprobar si el puerto COM seleccionado es el adecuado.

3.3.2. Escritura en el Puerto Serial

Escribir en el puerto serial usando labview es más sencillo, y los pasos se enuncian a continuación. Primero, se inicializa una sesión VISA de la misma manera que se hizo al leer el puerto, con un “VISA Configure Serial Port”. Luego, se coloca un VISA Write que se puede encontrar en Functions, Programming, Instrument I/O, VISA Write. Es necesario para un bien funcionamiento el cierre de la sesión VISA con un “VISA close” y un “Simple Error Handler. El VI de escritura en puerto serial puede quedar como se muestra a continuación en la figura 3.27.

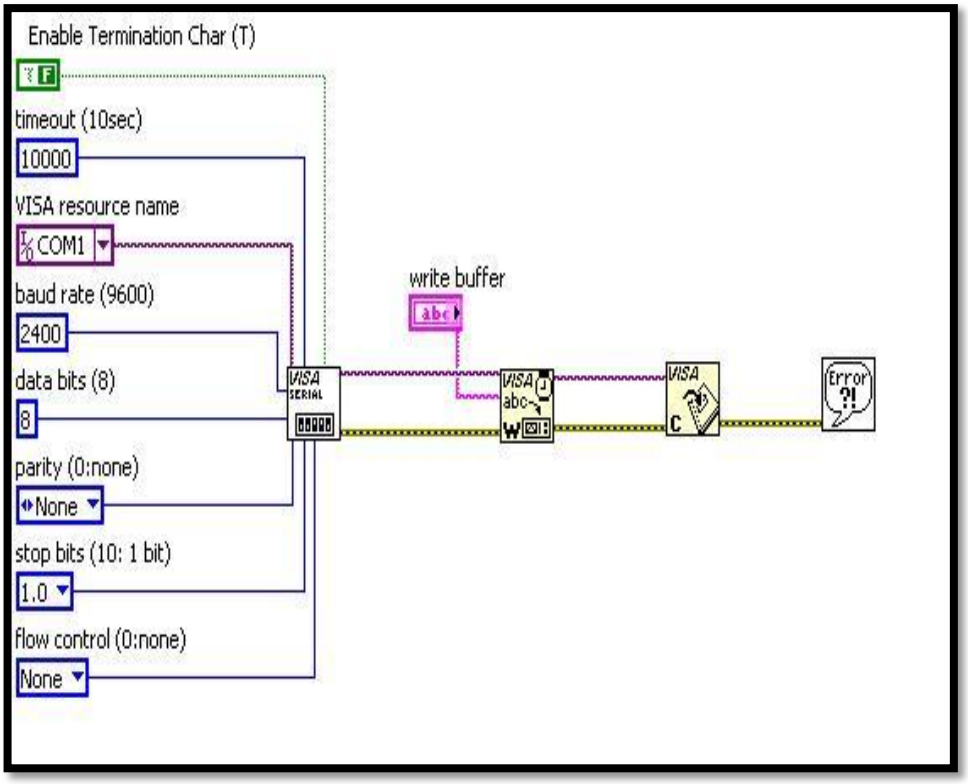


Figura 3. 27 Escritura del Puerto serial con una sesión VISA en Labview

Al igual que en la lectura del puerto serial, la velocidad de transferencia es primordial, en ambos casos, es importante sincronizar las tareas de escritura y lectura respectivamente, de tal manera que el microcontrolador o la computadora estén listos para enviar o recibir un dato en el puerto serial. Para ello se puede programar un Loop que no permita que el programa avance hasta que no se reciba cierto texto.

3.3.3. Elaboración del Software para la Aplicación HMI/Scada en Labview

Previamente en capítulos anteriores se ha descrito los sistemas scada, funciones y prestaciones; así como las bondades del módulo Labview DSC y las posibilidades de su aplicación para elaborar sistemas scada. A continuación se van describiendo algunas de las principales partes y métodos de configuración de los elementos que intervendrán en la aplicación scada para la nave de producción avícola.

3.3.3.1. Seguridad

Todo sistema HMI/SCADA debe de tener un nivel de seguridad y para implementar este se utilizaran las funciones propias de labview para crear parámetros de seguridad; las cuales se activan al instalar Labview DSC. Para realizar esto primero

se debe crear un dominio local, para crear dicho dominio, dentro de Labview, basta con selecciona “Tools» Security» Domain Account Manager” a lo que aparece una ventana como la que se ilustra en la figura 3.28.

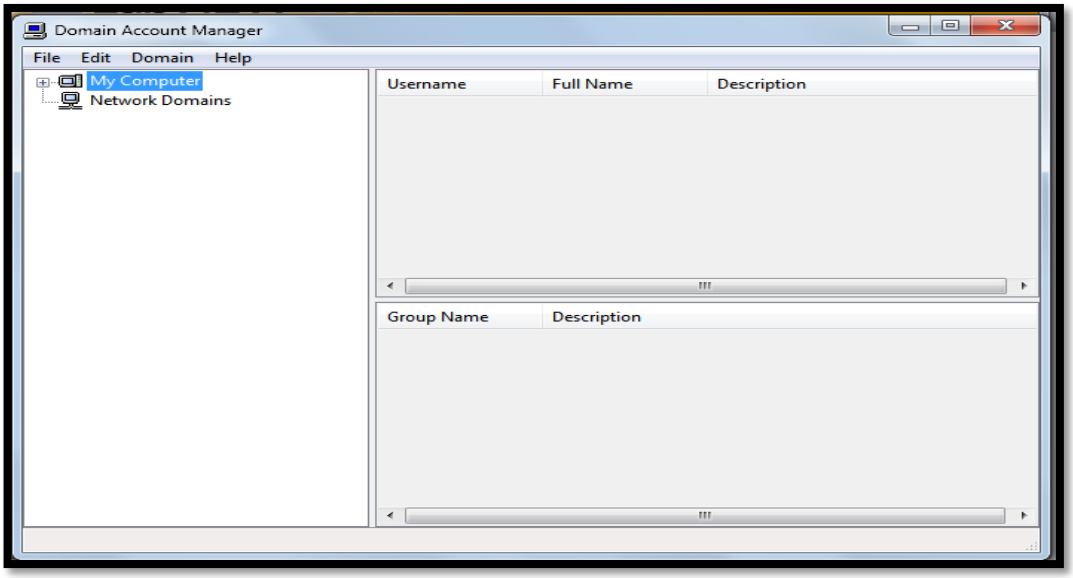


Figura 3. 28 Ventana de Administrador de Cuentas de Dominio.

Terminado el paso anterior se procede a establecer quienes serán los autorizados a manipular y visualizar la información y el programa, como por ejemplo la lista mostrada en la figura 3.29.

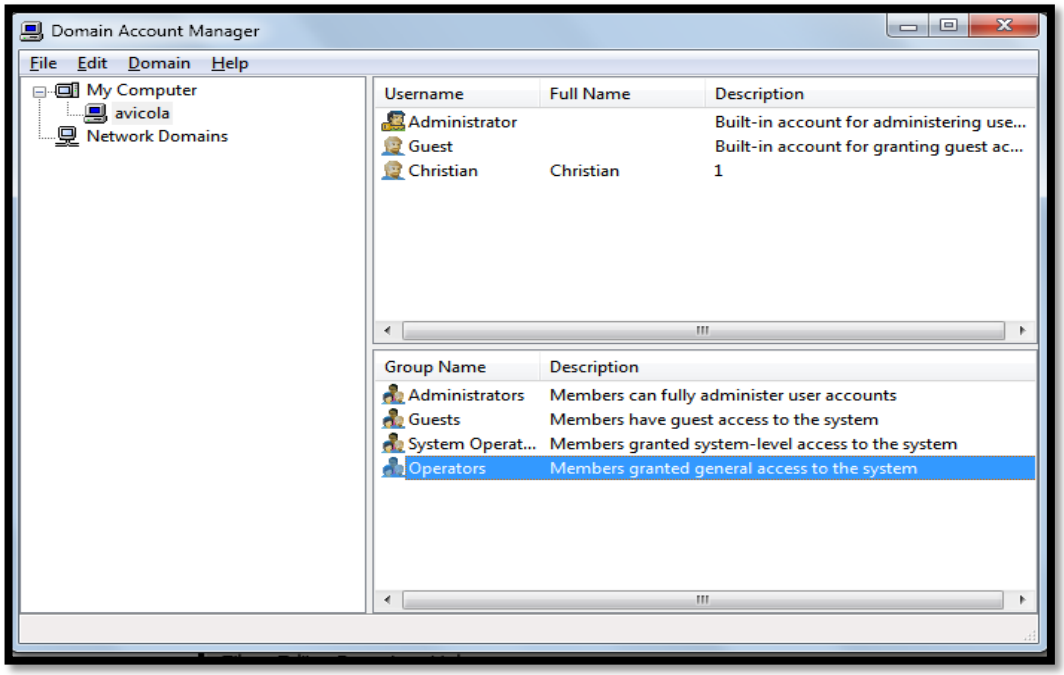


Figura 3.29 Dominio y Listado de Usuarios.

Realizados estos pasos, se puede a crear un pequeño VI que decida que usuarios pueden operar el programa, para esto usamos el VI “NI Security Invoque Login Dialog.vi” que se encuentra dentro de la paleta de Funciones “DSC Module» Security”. El VI que se realizó es el que se muestra en la figura 3.30 y si se ingresa el usuario y contraseña correcta el indicador booleano “result” da un valor verdadero caso contrario un falso de tal forma que en el VI principal se pueda decidir si puede o no operar el programa; para el ejemplo se utilizaran solamente 2 usuarios pero se pueden utilizar los usuarios que se desee.

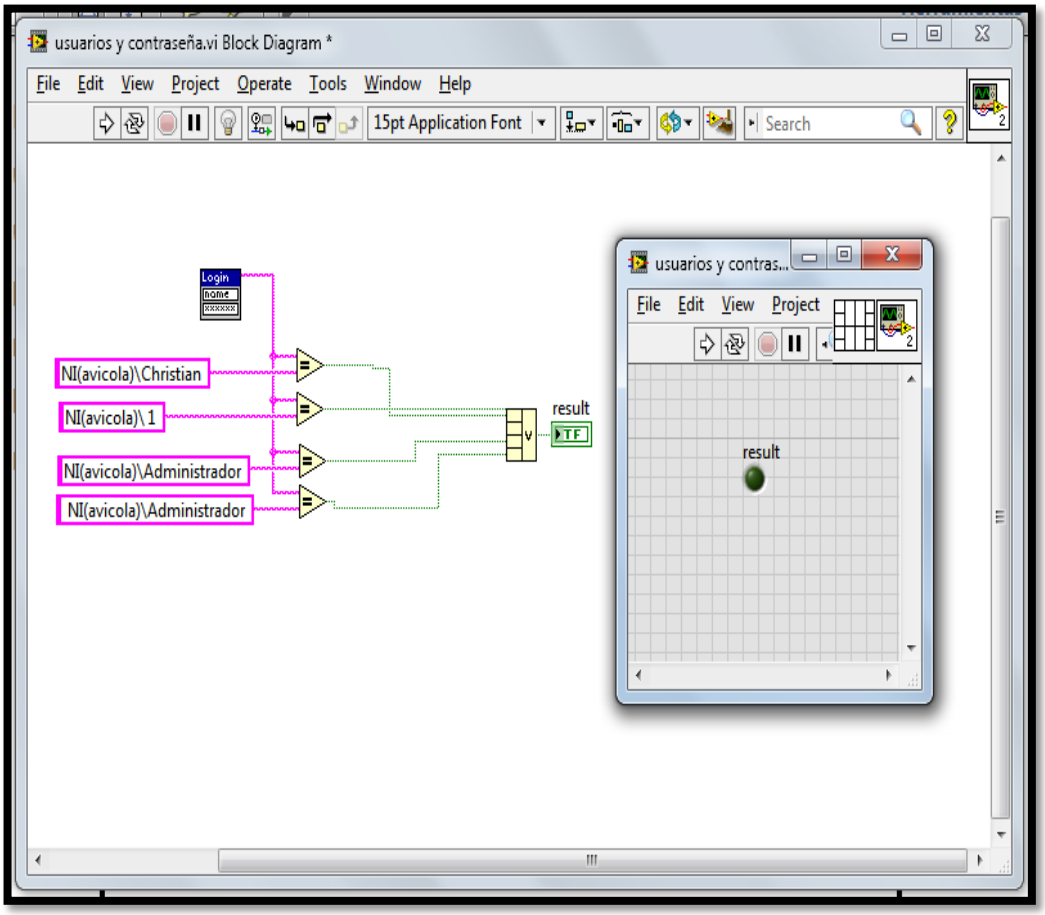


Figura 3.30 Creación de los Diferentes Niveles de Seguridad.

Es posible definir perfiles de usuario que limitan el acceso a diferentes y específicos controles de la interface del usuario, así también como a secciones diferentes y sensibles de los datos. Esto con el fin de establecer un nivel jerárquico del manejo de la aplicación, es decir, que ciertos operadores puedan manejar solamente ciertas partes del programa que al dueño le interesa. Para realizar esta tarea en el panel frontal en cada uno de los controles e indicadores al ver las propiedades de cada uno de estos aparecerá la pestaña Security, en la que se pueden agregar los

usuarios que pueden o no tener acceso a dicho control o indicador, en la figura 3.31 por ejemplo se muestra el usuario Administrador tienen acceso completo al control mientras que Christian, en este caso, solo puede verlo pero no manipularlo.

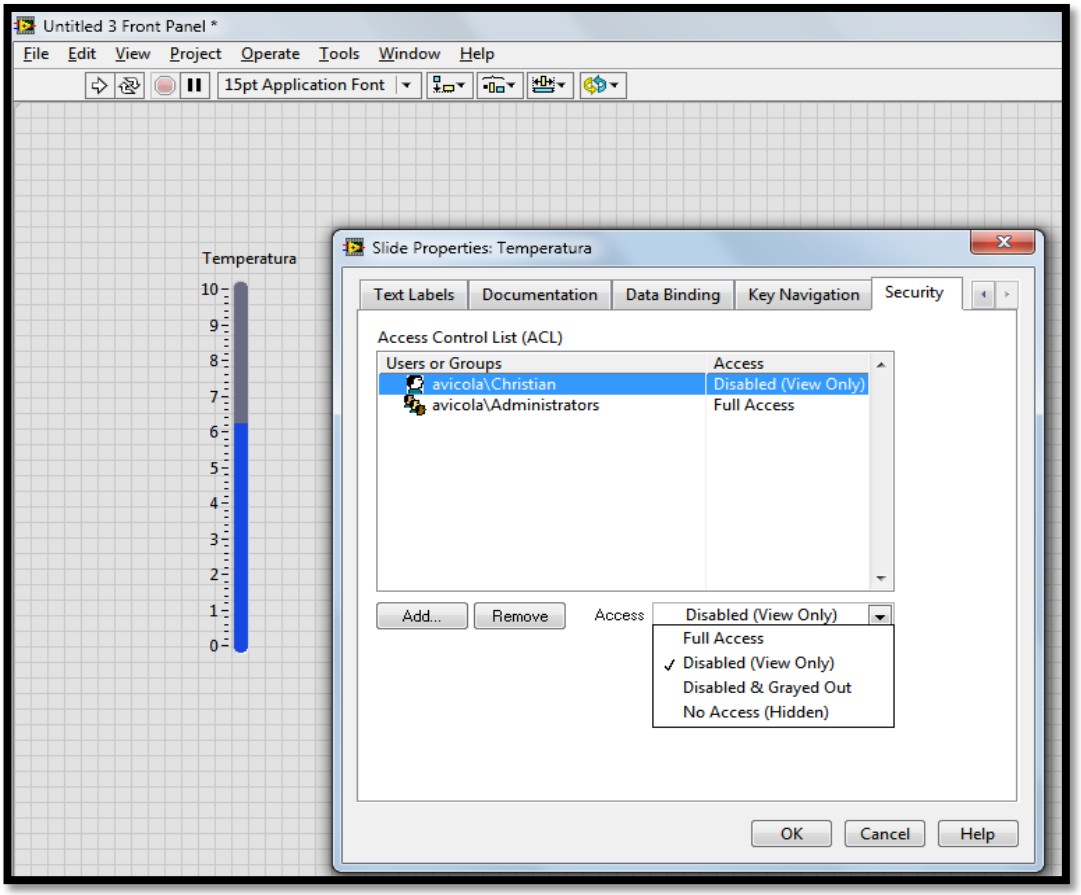


Figura 3.31 Estableciendo los Niveles de Seguridad de un Control.

Al ejecutar el proyecto desarrollado en Labview podemos iniciar la aplicación y como primer paso se debe acceder las respectivas claves y nombres de usuario; en éste caso se ha programado de tal forma que si el usuario no ingresa correctamente los datos permanezca en la pantalla principal, si ingresa como Invitado solamente podrá observar ciertos controles e indicadores pero no podrá manipularlos, y si ingresa con el usuario y contraseña correcta tendrá acceso completo a todos los controles e indicadores del programa.

En la figura 3.32 se muestra la pantalla de inicio en la cual se deben ingresar el nombre y contraseña, que para este proyecto se ha personalizado.

Figura 3.32 Pantalla de Registro de Usuario y Contraseña

Al pasar el nivel de seguridad implantado el programa permite llegar al panel principal en donde se hallan los controles e indicadores, que como se mencionó anteriormente solo serán manipulados por el usuario correspondiente. En la figura 3.33 se muestra la pantalla de control para el prototipo de nave de producción avícola que se ha definido como la pantalla principal desde la cual se maneja el sistema. En el capítulo 4 se describe cada una de las funciones que se muestran en esta pantalla.

Figura 3.33 Pantalla principal del HMI.

3.3.3.2. Almacenando Datos (Encabezado).

En esta aplicación el poder registrar datos como: la producción diaria y los niveles de temperatura en determinadas horas del día es importante y se procede con este paso al grabar un archivo que contenga dichos datos cuando se corra el programa que inicie la adquisición y generación de señales. El archivo que se genera se ilustra en la figura 3.34 (a) el diagrama de bloques se muestra en la figura 3.34 (b).

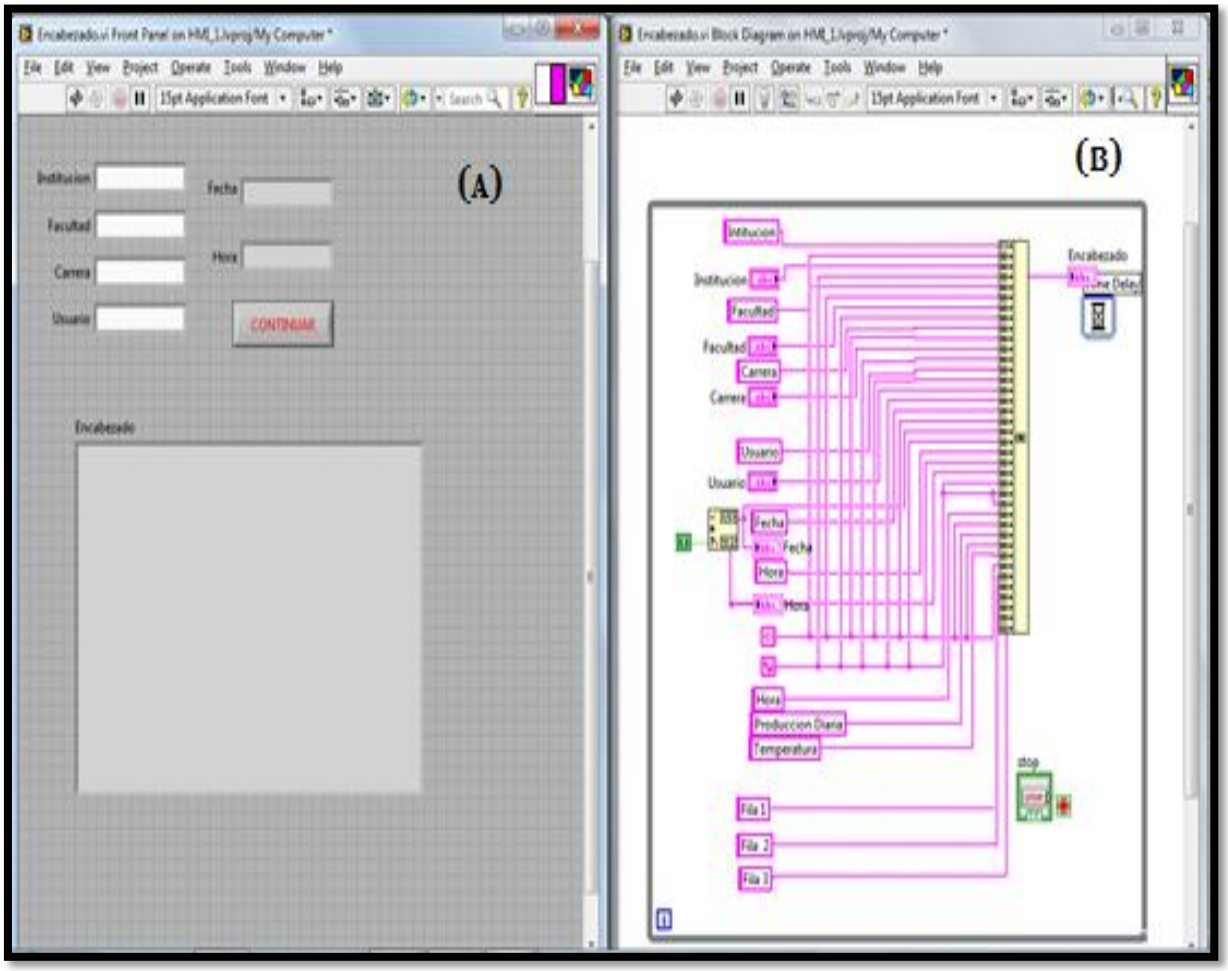


Figura 3.34 (a) y (b) Pantallas del VI de Generación de Encabezado

3.3.3.3. Manejo de Alarmas para el Galpón.

Un sistema SCADA también maneja niveles de alarma con el propósito de saber si se ha producido una desviación o falla dentro del sistema, en este caso la temperatura dentro de la nave. Esta alarma permitirá controlar que no se pase de ciertos valores de temperatura. En la figura 3.35 se muestra la pantalla de alarmas para temperatura.

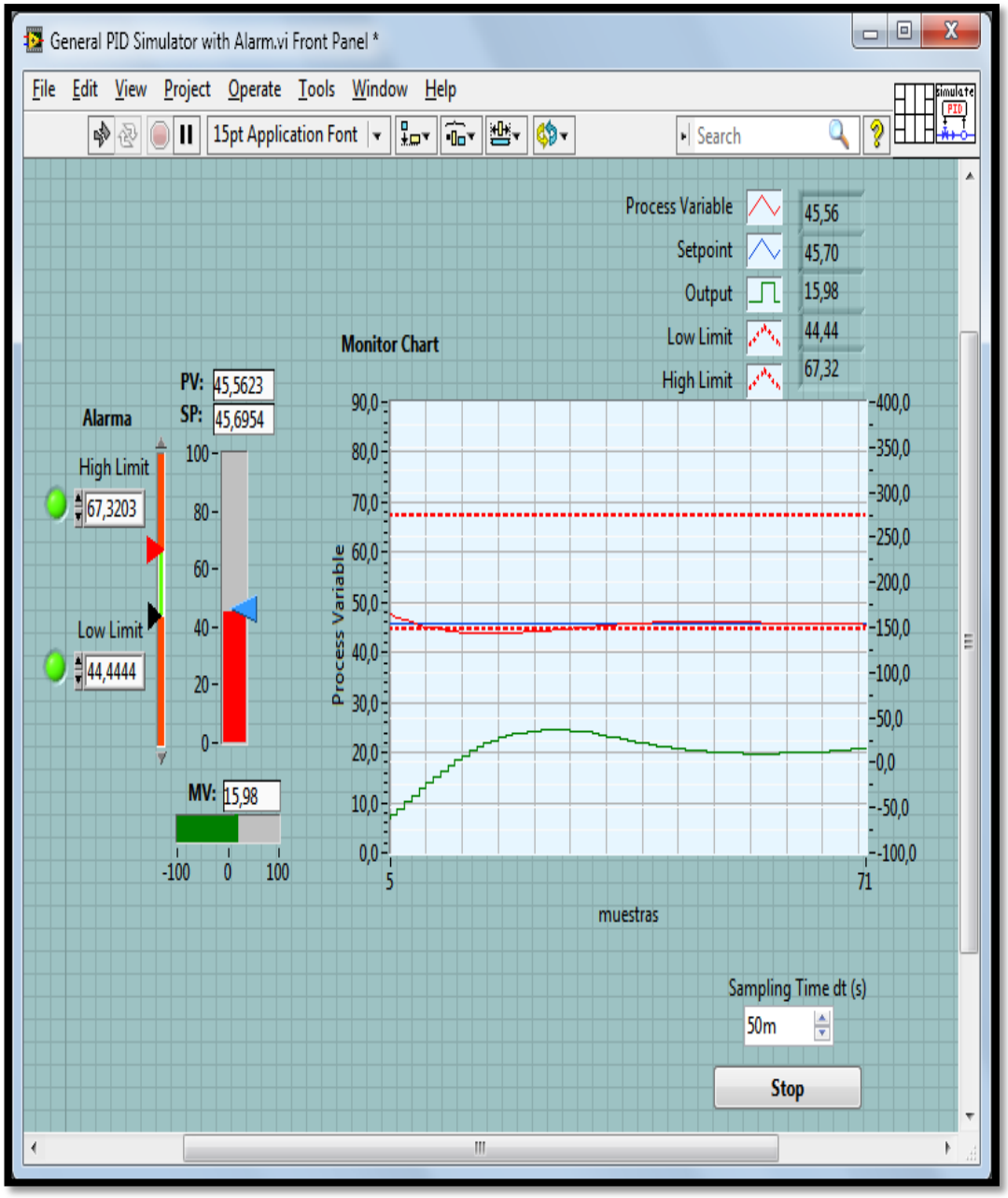


Figura 3.35 Pantalla de Alarmas.

3.3.3.4. Uso de las “Shared Variables”.

Con la instalación del módulo DSC de Labview se instalan propiedades adicionales para las variables compartidas, entre ellas podemos destacar el poder establecer niveles de alarma de una manera más sofisticada como la figura 3.36**.**

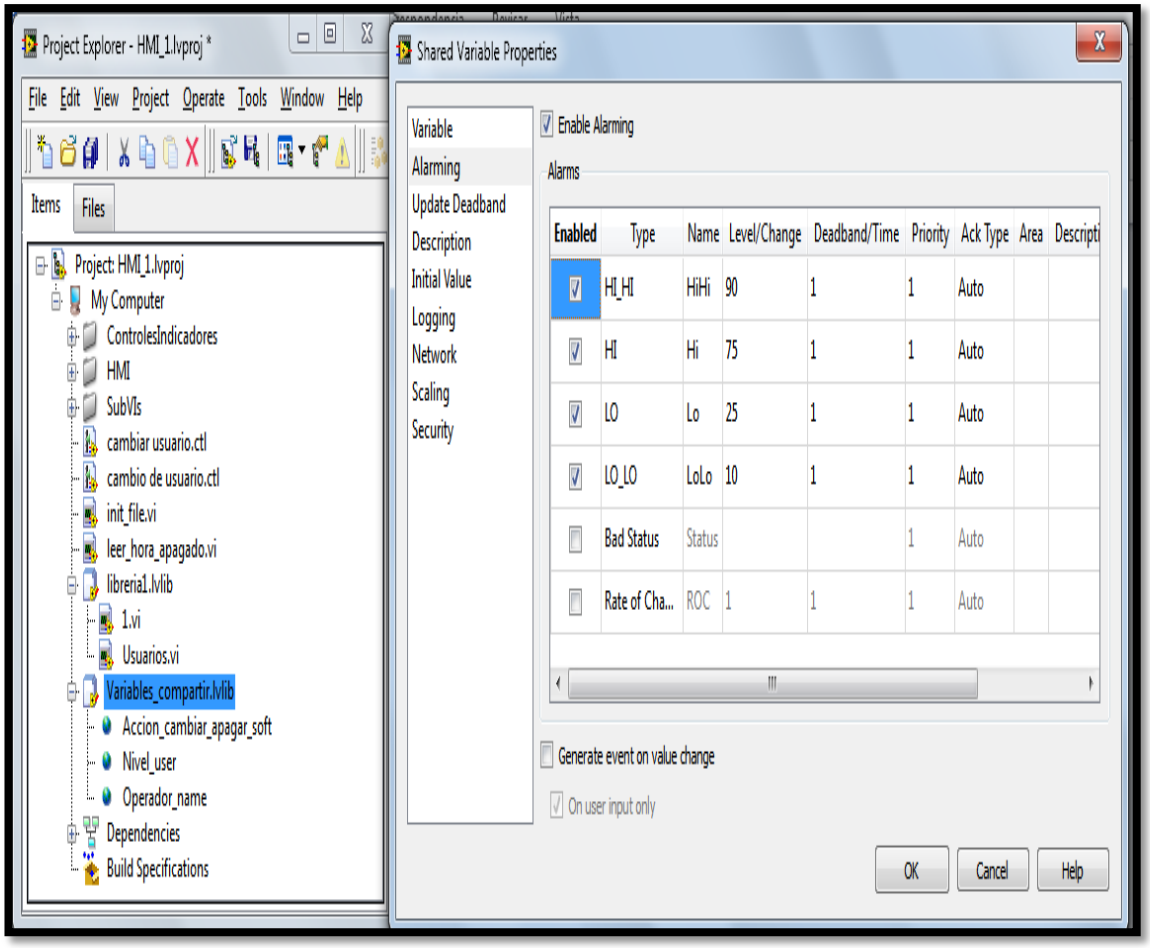


Figura 3.36 Ventana de Configuración de Variables Compartidas.

Para grabar los valores de las variables compartidas es necesario crear una base de datos, para eso se abre una ventana adicional como es Meassurement & Automation Explorer que se halla en Historial Data, se hace un clic derecho y se crea una nueva base de datos siguiendo los pasos de la ventana que se muestra. En la figura 3.37 se muestra la base de datos creada para el presente proyecto.

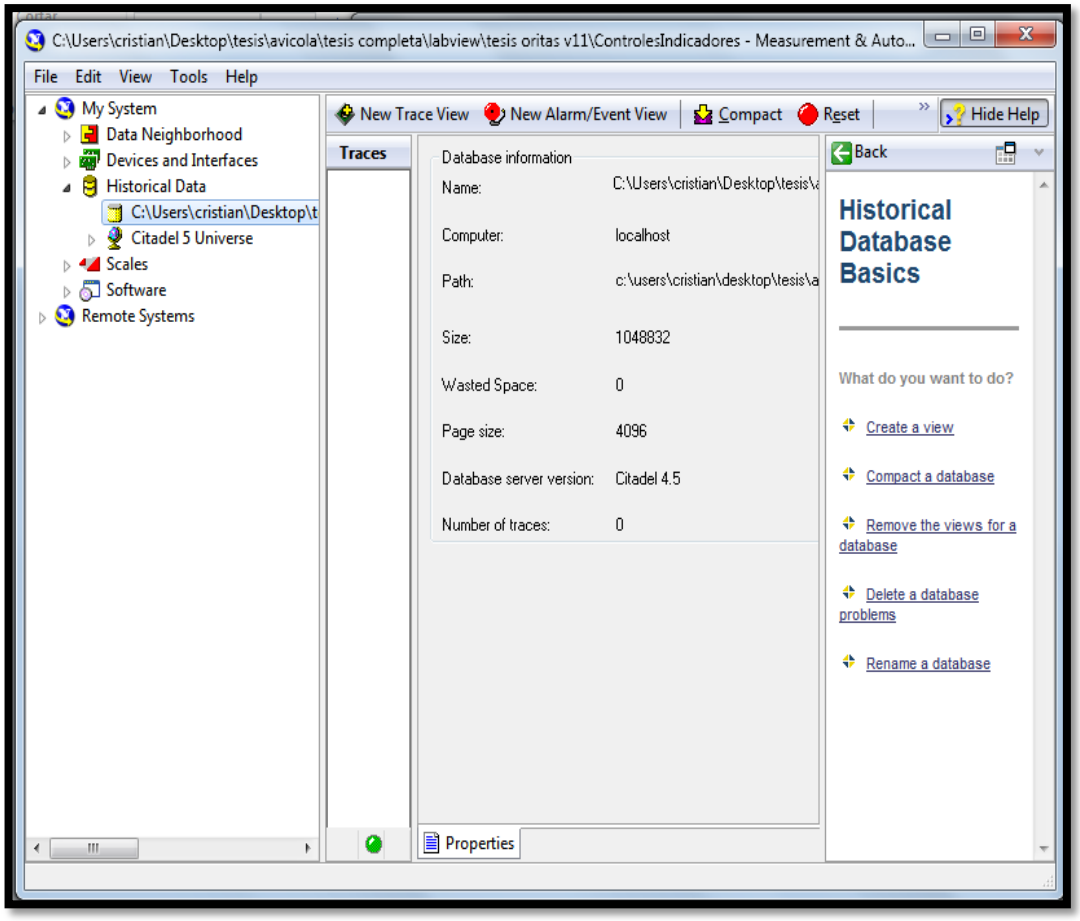


Figura 3.37 Base de Datos en CITADEL

3.3.3.5. Monitoreo vía Web

Es importante dentro de un proceso industrial la posibilidad de operar remotamente el proceso de manera que sin estar presente en la planta sea posible modificar valores en algunas variables o simplemente realizar un chequeo rápido. Para realizar esta tarea Labview trae incorporado un servidor Web con lo cual se puede acceder desde cualquier parte del planeta a un instrumento virtual creado en Labview desde Internet. Para usar el servidor web de labview en primer lugar hay que activarlo, para esto se va dentro de la barra de menú de labview se selecciona Tools >> Options y se muestra una ventana adicional OPTIONS, en esta ventana se selecciona Web Server: Configuration y se activa el casillero Entable Web Serve. En la figura 3.38 se muestra la ventana de activación del servidor web de labview

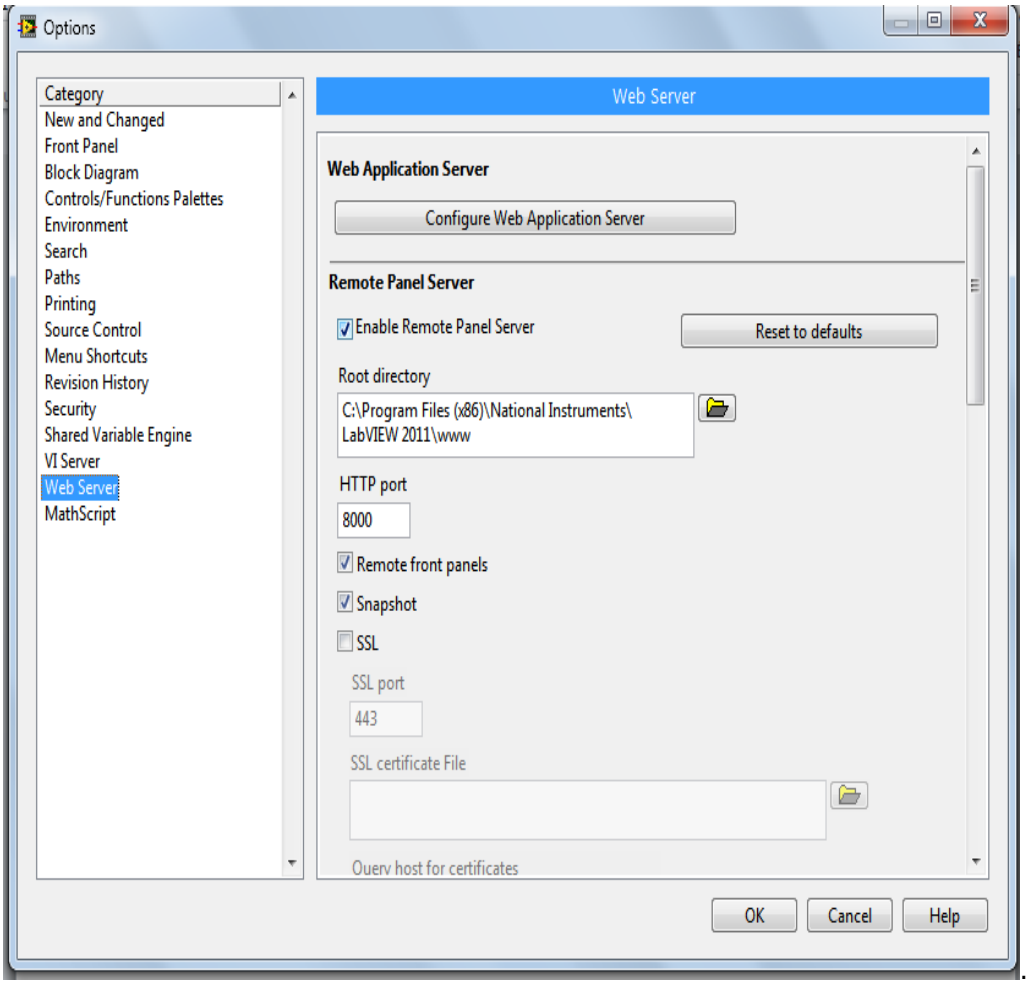


Figura 3.38 Ventana de Activación del Servidor web de labview.

Activado el servidor web se puede crear la página web en la que se va a publicar el VI, para realizar esta tarea se va hasta Tools» Web Publishing Tool en donde aparecerá una ventana para seleccionar las opciones principales entre las que se hallan, que VI se va a publicar, como se desea publicar, si se desea ver el VI o solo fotos del cada cierto tiempo, entre otras. La figura 3.39 se muestra dicha ventana. Una vez seleccionado el VI se presiona Next y se tendrá otras opciones en la que se podrá colocar un título, colocar un comentario en el encabezado y en el pie de la página web, figura 3.40.

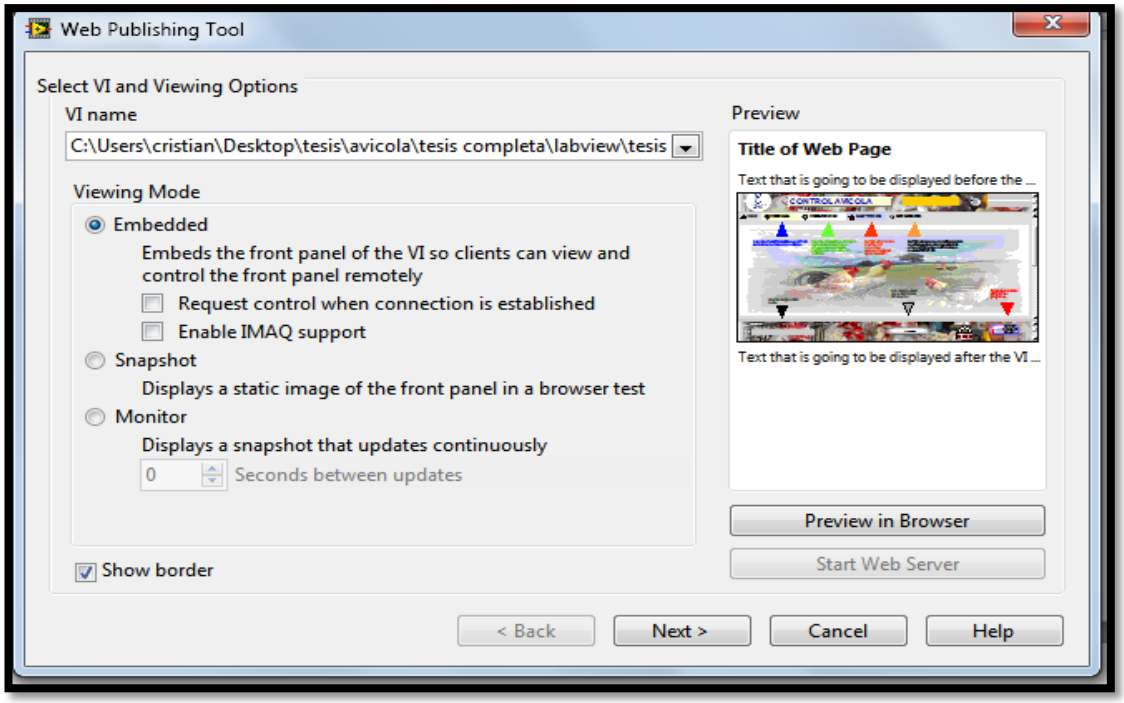


Figura 3.39 Ventana del Publicador Web de Labview Selección de Vi.

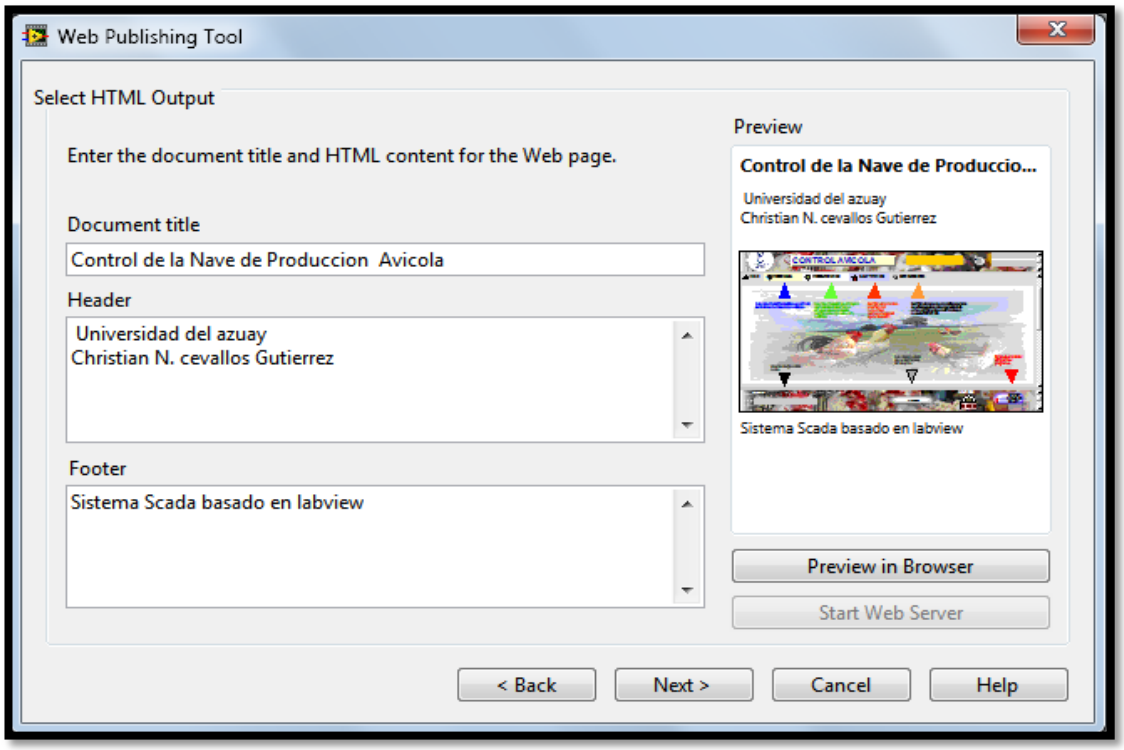


Figura 3.40 Ventana del Publicador Web de Labview Adición de Textos.

Capítulo VI

Pruebas y Resultados

Introducción

Continuando con el desarrollo del proyecto y luego de culminar satisfactoriamente con los capítulos anteriores, se llega a la etapa de pruebas, resultados y corrección de errores. En este capítulo se analizan cada una de las etapas teóricas y prácticas, buscando siempre el mejor desempeño y el total cumplimiento de los objetivos inicialmente propuestos. Los puntos a evaluar se agrupan en tres conjuntos, el conjunto de componentes electrónicos y su programación, el de componentes mecánicos y el software scada que al unirse darán vida al proyecto en sí.

4.1. Evaluación de los Elementos Mecánicos

Los elementos mecánicos son una parte fundamental para este proyecto, entre estos se destacan el grupo de jaulas que conforman la batería vertical, los comederos que se ubican en cada piso de jaulas, las bandas que cumplen con la función de recolección de huevos y estiércol, las tolvas que permiten el reparto de alimento en cada piso y la estructura que permite simular el ambiente cerrado de una instalación avícola real. Este grupo de elementos se describen y evalúan a continuación.

4.1.1. Sistema de Jaulas en Batería Vertical

El grupo de jaulas en batería vertical para este proyecto fueron elaboradas en hierro tubular de una pulgada y malla metálica de dos pulgadas para el frente y malla de media pulgada en el piso. En un principio se planteó un grupo de cuatro jaulas por piso y tres pisos, con jaulas de 45 cm de largo por 45 cm de alto y 45 cm de profundidad con dos espacios de 45 cm para los ductos de estiércol y recolección de huevos; pero en el proceso de construcción se optó por reducir el número de jaulas a dos por piso con los parámetros antes mencionados. Esta reducción se dio por motivos de espacio y con el objetivo de optimizar los recursos. En la figura 4.1 se muestra el grupo de jaulas en su formato final.

Figura 4.1 Jaulas en Batería Vertical de Tres Pisos y Dos Jaulas por Piso

Este grupo de jaulas cumple con las condiciones necesarias para la cría de aves ya que las dimensiones y condiciones ergonómicas son óptimas, además los espacios destinados a ductos para desechos cumplen realmente la función para las que fueron diseñados. En conclusión, luego de evaluar los puntos funcionales del conjunto de jaulas se puede decir que estas funcionan perfectamente.

4.1.2. Comederos

Los comederos deben cumplir con normas estrictas de funcionalidad entre las que se destacan: permitir el fácil acceso al alimento, facilidad en su limpieza, disminuir la posibilidad de acumular residuos, que posteriormente puedan desencadenar en enfermedades. Como complemento al grupo de jaulas se construyeron comederos con un modelo simple pero funcional que permite cumplir con todas las normas antes mencionadas. Se construyeron en latón de cuatro milímetros de espesor y sus dimensiones están de acurdo al número de jaulas a surtir. En la figura 4.2 se muestra los comederos utilizados.

Figura 4.2 Comederos para Jaulas en Batería Vertical.

4.1.3. Bandas Recolectoras de Huevos y Estiércol

El proceso de recolección de huevos y estiércol inicialmente se propuso como sistemas separados y comandados individualmente, de manera que hacia la derecha circulen las bandas de recolección de huevos y hacia la izquierda se dirijan las bandas de recolección de estiércol. Dado que los cambios hechos en las jaulas permitieron la optimización del espacio, también se pensó en optimizar recursos disminuyendo el número de motores a utilizar. En este proceso se acoplaron ambas bandas a un mismo eje, simplificando el mando y permitiendo un mejor control. Ya que las bandas se mueven en la misma dirección fue necesario adaptar un nuevo módulo que permita recolectar los huevos piso por piso.

Para la recolección de estiércol y huevos se utilizaron bandas de lona por su flexibilidad y resistencia, estas bandas están unidas a un eje y rodillos los mismos que reciben su impulso de un servomotor modificado de tal forma que funcione como un motor de corriente continua pero aprovechando su gran torque. Cada motor tiene una capacidad de 15 kilogramos fuerza y dado que por cada piso el número de animales no puede ser mayor a ocho, el peso en huevos y estiércol nunca superar la capacidad del motor. Es por ello que se concluye en base al análisis teórico y a las pruebas realizadas que las bandas funcionan adecuadamente. En la figura 4.3 se muestran las bandas de recolección de estiércol y huevos.

Figura 4.3 Bandas Recolectoras de Alimento y Estiércol.

4.1.1.1. Sistema de Recolección de Huevos Piso por Piso

El sistema de recolección de huevos piso por piso permite llevar los huevos desde la base de las jaulas hasta una canasta recolectora. La canasta se mueve en forma vertical de abajo hacia arriba deteniéndose en cada piso y recolectando los huevos, para que se detenga la canasta se utilizaron sensores magnéticos y cuando la señal del sensor es enviado al microcontrolador las bandas de recolección se activan en el piso correspondiente. Al realizar las pruebas se determinó que es necesario restringir las etapas de recolección a dos diarias, una en la mañana y otra por la noche ya que no todas las aves depositan sus huevos en el mismo horario. En la figura 4.4 se muestra el módulo de recolección de huevos piso por piso.

Figura 4.4 Bandas Recolectoras de Alimento y Estiércol.

4.1.4. Tolvas Repartidoras de Alimento

El proceso de reparto de alimento está sujeto a parámetros relacionados con las técnicas de crianza como dietas y dosis diarias, las mismas que dependen del tipo de aves, condiciones climáticas e incluso la edad de los animales a criar. Ya que este proceso debe ser automatizado se construyó un sistema de tolvas acopladas a un eje central que permite el movimiento simultaneo de las tres tolvas al mismo tiempo. Estas tolvas están comandadas por un circuito que a su vez está controlado desde una interface gráfica en labview la cual ofrece flexibilidad en la programación de los tiempos de entrega de alimento. Cumpliendo con uno de los objetivos planteados este sistema de tolvas permite automatizar de forma segura el proceso de alimentación. En la figura 4.5 se muestra el conjunto de tolvas diseñado para el grupo de jaulas en batería vertical.

Figura 4. 5 Tolvas Repartidoras de Alimento

4.2. Evaluación de los Elementos Electrónicos

4.2.1. Sensor de Temperatura

Dadas las dimensiones de la nave es necesario contar con un adecuado sistema de sensado de temperatura que asegure un adecuado funcionamiento del controlador a implementar. En función de las dimensiones se propone un conjunto conformado por tres sensores de temperatura de tipo LM35Dz los cuales se colocan estratégicamente dentro del galpón. Al receptar estos sensores la temperatura en cada uno de los puntos donde se hallan ubicados, envían esta información a un microcontrolador en donde se procesa y promedia para obtener una temperatura estándar al interior del galpón. Una de las ventajas de este sistema es que en caso de uno de los sensores llegaran a fallar el error no es demasiado grande y no afecta en gran manera al controlador. Este termómetro consta de res sensores Lm35Dz y un microcontrolador de la familia 16f877A el cual se encarga de la cuantificación y codificación de la información receptada por los sensores; para posteriormente presentar estos datos en forma de voltaje.

En la tabla 4.1 se muestran algunas medidas realizadas para la calibración del termómetro con los sensores LM35DZ.

Voltaje (mV)	Temperatura (°C)
233	22
265	25
303	28
313	30
329	32
345	34
371	36
385	38
410	40
431	42
462	44
465	46
479	48
494	50

Tabla 4.1 Mediciones Realizadas con el Termómetro Diseñado con Sensores de Temperatura LM35DZ

4.2.2. Control de Tolvas, Bandas y Recolección de Huevos

Para el control de estos procesos se diseñó una tarjeta electrónica cuyo elemento principal es un microcontrolador que comanda todas y cada una de las operaciones a realizar en lo que se refiere a alimentación, recolección de huevos y recolección de estiércol. Su funcionamiento esta monitoreado desde una estación central con un software scada basado en labview; desde esta estación se envían señales de activación para cada uno de estos procesos, en función de los parámetros establecidos. Los parámetros a establecer son básicamente los tiempos de operación y las veces que en el día que estas operaciones se repiten. Es así que para la recolección de huevos, por ejemplo, se programa su activación dos veces al día, una en la mañana y otra en la tarde a las 6am y 6pm. El sistema detecta la hora y envía un pulso de máximo 5 voltios; al detectar este pulso el microcontrolador acciona los actuadores que mueven las bandas y la canasta recolectora, está a su vez activa los sensores que se hallan ubicados en cada piso. De esta manera se activaran cada una de las bandas de recolección cuando la canasta se encuentre en ese piso.

4.2.3. Control del Microclima Dentro de la Nave

Parte esencial en el proceso de cría y producción de huevos es el control del microclima al interior de los galpones avícolas, las condiciones de calor y frio por encima de los niveles requeridos por las aves, afecta enormemente los procesos productivos. Una forma de controlar y erradicar este tipo de inconvenientes es el control adecuado de estos factores dentro del recinto de cría o producción. Con este objetivo se planteó un control PID para la temperatura de la nave y con ello la utilización de elementos como: calefactores eléctricos, ventiladores y extractores de aire. El control funciona de la siguiente manera, el sensor de temperatura obtiene los niveles térmicos dentro de la nave y envía esta información a un microcontrolador que es el encargado de procesar estos datos y genera pulsos de PWM, los cuales están en función de la temperatura obtenida. Al tratarse de dispositivos que trabajan con un voltaje de 110V y a una frecuencia de 60Hz, la forma de controlar su velocidad es controlando el ángulo de disparo y para esto se usa un circuito detector de cruce por cero y en función de esto, por medio de un Triac se controla el tiempo en que estos dispositivos se activa y apagan.

Al tratarse de un prototipo se ha diseñado el controlador de manera que los rangos de temperatura se puedan cambiar fácilmente en el programa del microcontrolador ofreciendo así flexibilidad para las diferentes aplicaciones en la industria avícola local. El control de temperatura permite encender los ventiladores y extractores cuando el valor de temperatura máximo sea superado y el flujo de aire ira aumentando o disminuyendo en función de esta temperatura. De la misma manera si la temperatura disminuye por debajo del nivel establecido se encienden los calefactores hasta que la temperatura se nivele. En función de las pruebas realizadas se determinó que el controlador actúa eficientemente con un rango de error de 1 a 1.5 grados de temperatura, lo que es aceptable dado que estos niveles de variación no representan ningún riesgo para los procesos productivos.

4.2.4. Control de los Periodos de Luz

Al controlar los periodos de luz estamos controlando la duración del día para las aves ya que estas dejan de comer e interactuar cuando se hallan en total obscuridad. El objetivo de esto es aumentar los niveles de alimentación para las diferentes estaciones del año y ofrecer así una producción homogénea ya sea de carne o huevos. El principio es simple cuando la luz del día se va una fotocélula detecta este cambio y envía una señal la cual permite accionar las lámparas por un tiempo establecido desde la plataforma grafica del HMI en labview. Al realizar las

pruebas se determinó que es posible realizar este control haciendo en forma segura y sin afectar el bienestar animal, cumpliendo en forma adecuada con las buenas prácticas de bienestar animal.

4.3. Labview y Sistema Scada

4.3.1. HMI Panel Frontal

En el panel frontal consta de un grupo de elementos de mando y supervisión los cuales se hallan ubicados en forma de botones y ventanas de visualización; para llegar a estos es necesario cumplir con las medidas de seguridad establecidos para cada uno de los usuarios. Esto se refiere a la pantalla de registro y contraseña la cual se muestra a continuación en la figura 4.6.

Figura 4.6 Ventana de Control y Verificación de Usuario.

Al registrarse y pasar la seguridad se accede al panel de inicio en donde se encuentran a, primera vista, los controles e indicadores que La figura 4.7 muestra a continuación.

- Modo manual.
- Modo automático.
- Claves y Permisos.
- Configuraciones.
- Detener la aplicación HMI.

Figura 4.7 Panel de Inicio del HMI

- **Modo manual.-** El modo manual como su nombre lo indica permite interactuar con los diferentes sistemas en forma manual activando cada proceso a decisión del usuario, es usado principalmente para motivo de pruebas y mantenimiento. En esta ventana se halla procesos como:
  - Alimentación.
  - Recolección.
  - Iluminación.
  - Temperatura.

La figura 4.8 muestra la ventana para el modo manual y los elementos emergentes que en ella se despliegan cuando se accede a esta.

Figura 4.8 Ventana del Modo Manual y los Controles que en Esta se Hallan.

- **Modo Automático.-** La ventana del modo automático es una ventana con aspecto similar a la ventana de modo manual, como se puede observar en la figura 4.9, pero con ligeras variaciones. Este es el caso del modo de funcionamiento de iluminación el cual puede depender de tres factores como son :
    - Lectura de sensor
    - Configuración de hora
    - Las dos formas.

Este modo permite la activación de los procesos dentro de la nave de manera automática, para ello existe una ventana de configuraciones en la cual se puede establecer en forma sencilla los planes de alimentación y recolección. La ventana de configuración permite escoger los días y las horas en que el proceso

da inicio pudiendo establecerse hasta 5 configuraciones diferentes en una misma semana. La ventana de configuraciones se muestra en la figura 4.10.

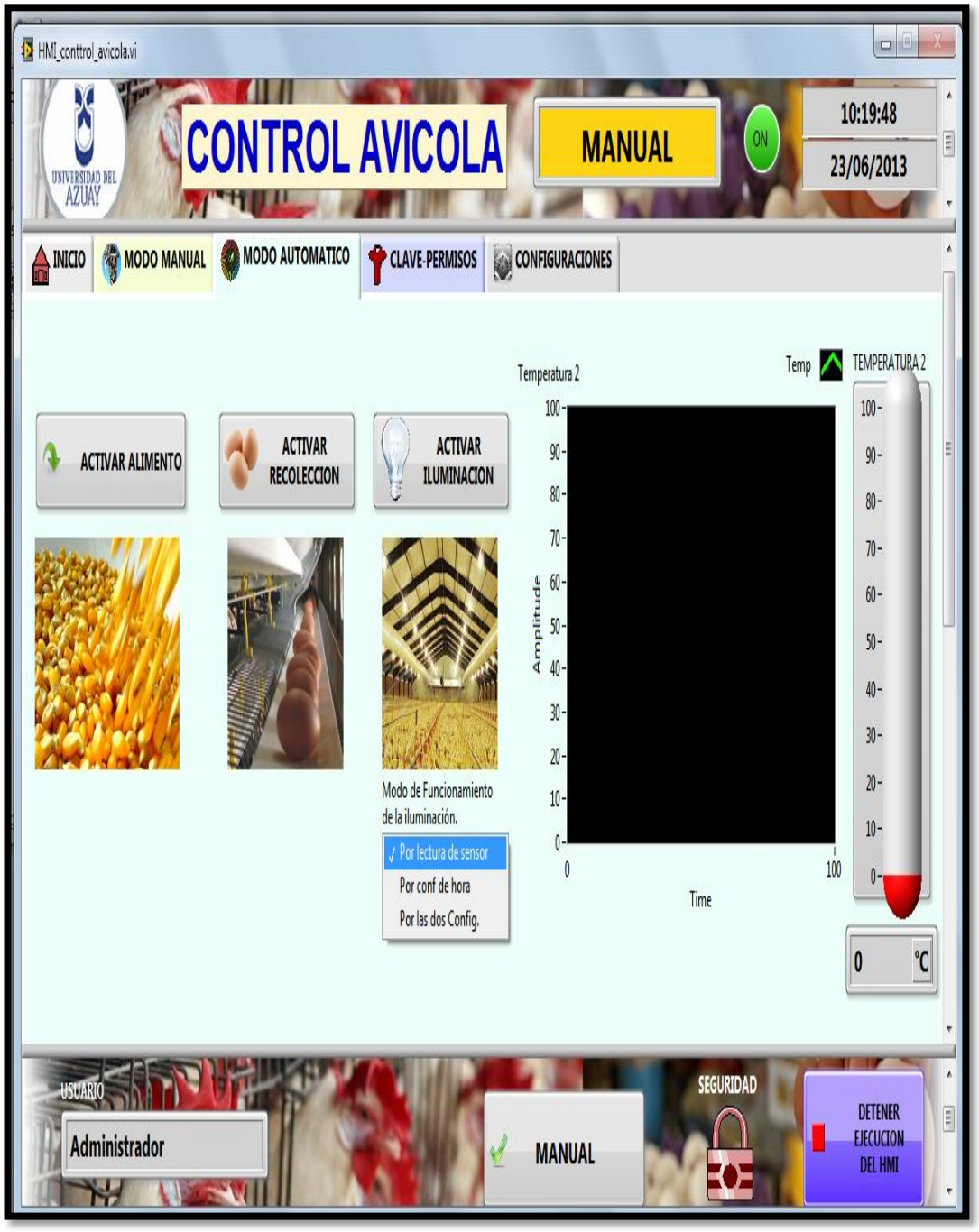


Figura 4.9 Ventana para el Modo Automático

Figura 4.10 Ventana de Configuración de Procesos.

- **Claves y Permisos.-** en esta ventana se pueden incorporar nuevos usuarios, cambiar usuarios existentes, variar el nivel que cada uno de estos posee y eliminar los usuarios no deseados. La figura 4.11 muestra la ventana de claves y permisos; mientras que en la figura 4.12 se muestra la ventana de administración de usuarios.

Figura 4.11 Ventana de Caves y Permisos.

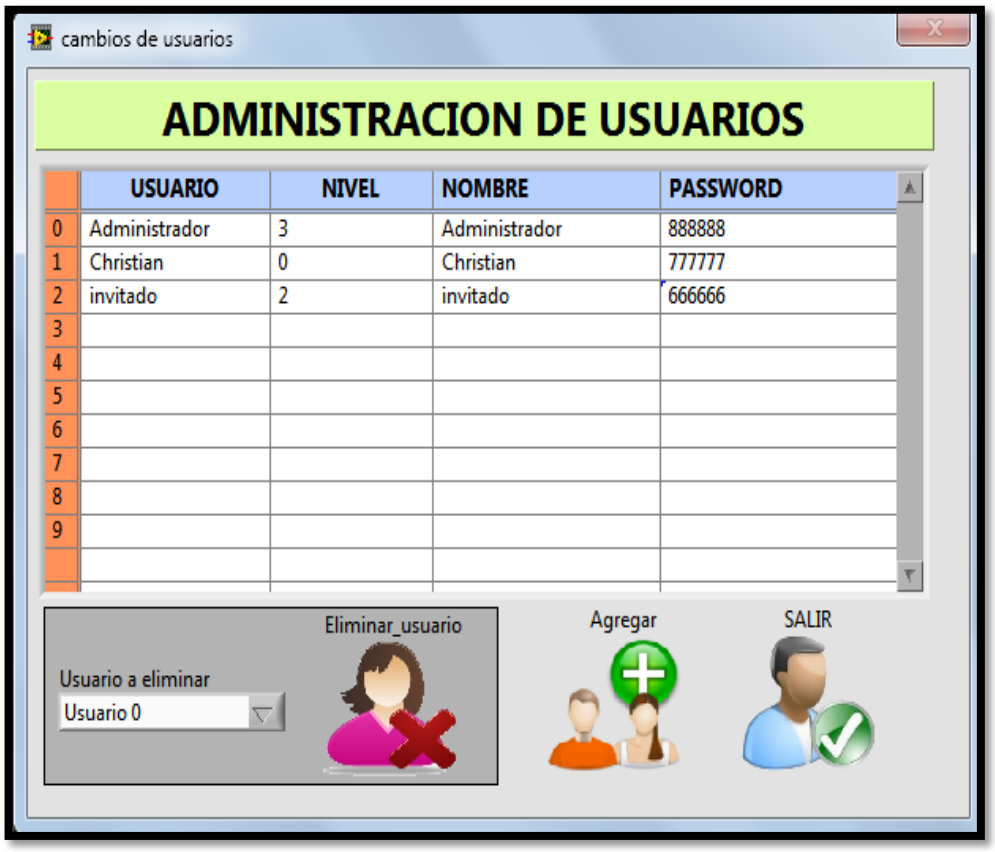


Figura 4.11 Ventana de Administración de Usuarios.

Para la elaboración de este proyecto, específicamente refiriéndose al software desarrollado en labview, se ha utilizado la programación mediante VI´s para posteriormente agrupar todos estos y en un solo programa que es el que se detalló anteriormente. La figura 4.13 muestra la ventana en la que se detallan cada uno de los componentes del proyecto HMI en labview.

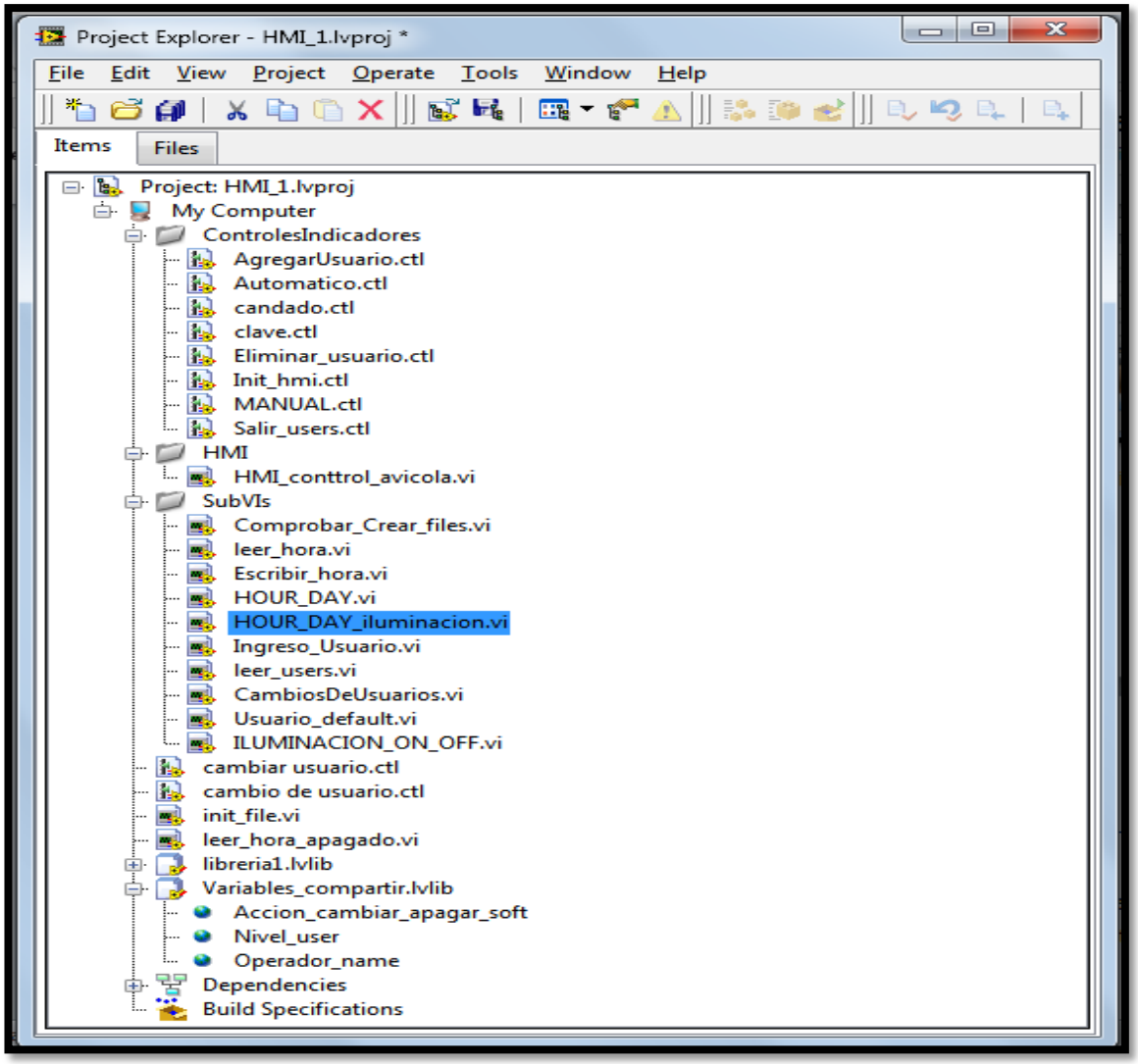


Figura 4.12 Esquema del Proyecto HMI en Labview.

CONCLUSIONES

1. La actividad avícola hoy en día es una de las actividades con mayor crecimiento en el mercado local, estando la mayoría de las explotaciones avícolas en carne y ovoproductos desarrollándose en el sistema tradicional. Los sistemas automatizados, en la actualidad, constituyen una herramienta indispensable para el mejoramiento de las operaciones en la industria avícola y con ello poder así mejorar su competitividad en el ámbito local y regional. Es por esto que la realización de este proyecto entrega a las empresas avícolas una solución práctica a los problemas relacionados con esta actividad comercial.

2. Con el sistema en batería vertical se reduce considerablemente en gastos por personal y alimentación, pérdidas por muerte de los animales, posibles fuentes de contaminación y se mejora sustancialmente en aprovechamiento del espacio físico, consumo de alimento, aumento en la producción de huevos y carne. En conclusión la cría en el sistema de batería vertical supera por mucho al sistema tradicional y se convierte en la mejor opción para la industria avícola.

3. El sistema de alimentación permite entregar el alimento en un estricto horario y en las cantidades previamente establecidas por el zootecnista encargado, además este sistema ofrece gran flexibilidad por lo que se pude utilizar en cualquier aplicación; sea esta cría, recría, seba, producción de huevos y no solo para aves sino también para otro tipo productos como cunicultura entre otras; previo las adecuaciones pertinentes para cada caso.

4. En el caso del sistema de suministro de agua, resulta un sistema simple pero a la vez muy eficaz que permite entregar el agua a las aves en forma continua, sin que esta se contamine o se desperdicie, siendo este último uno de los principales problemas en las naves avícolas. Los bebederos de nipple resultan ser de gran ayuda en la cría de animales ya que existe una gran variedad de estos para muchas aplicaciones tales como porcinos, bovinos, aves, etc.

5. Con la implementación del sistema de recolección de gallinaza, en el plantel avícola, se reduce la cantidad de obreros e implementos utilizados en el

desalojo del abono; además con este sistema se logra eliminar la acumulación de gases dentro de la nave, lo que facilita el control de temperatura. Por otra parte este sistema permite la recolección de gallinaza para su posterior tratamiento y venta, con lo cual se pueden solventar algunos gastos propios de la actividad avícola.

6. El sistema de recolección de huevos, implementado para esta tesis, es una de las variedades existentes y el optar por esta se debió al espacio y el tamaño del prototipo. Para instalaciones a escala real este sistema se puede implementar pero en lugar del sistema de elevador se optaría por un sistema de cintas transportadoras desde cada nivel de jaulas hasta la plataforma de selección u clasificación de huevos

7. El control de temperatura, en una instalación avícola, es un factor primordial ya que un mal manejo de la temperatura puede llevar a la disminución de la producción y en el peor de los casos la muerte de los animales, el control PID implantado dentro de la nave permite un control exhaustivo del factor térmico y su aplicación, en una explotación avícola real, puede ser directa ya que está diseñado para manejar ventiladores, extractores y calefactores que funcionan a 120V y a una frecuencia de 60Hz.

8. Se han diseñado e implementado los programas para el control de alimento, agua, temperatura, alimentación, etc. Con la ayuda del software Labview de National Instruments y de dispositivos de hardware como: tarjeta MyDAQ NI-USB, circuitos impresos diseñados y construidos por el usuario y microcontroladores, obteniéndose de esta forma la los resultados esperados conforme a los objetivos propuestos para este proyecto.

9. Se ha implementado una red de trabajo para conectar dos computadores que realizan el control de los procesos. Un computador que actúa como concentrador de la red y servidor de base de datos para la red y finalmente un computador que simula la red que hace uso de los datos para la administración y definición de los procedimientos operativos. Se ha diseñado e implementado un sistema SCADA para los procesos de la nave anteriormente mencionados, supervisados desde un computador principal que actúa como interface entre la red industrial y la red corporativa. Para

ello, se ha utilizado el software Labview DSC, y servidores OPC. En consecuencia se puede decir que la mayoría del software de SCADA utiliza scripts para la programación de sus algoritmos lógicos y de control; estos son para muchas aplicaciones realmente limitados. Es mucho más eficiente realizar sistemas DCS y SCADA con Labview DSC ya que la programación en este tipo de software se la hace en base al contexto real de un lenguaje de programación como es Labview.

10. En un ámbito técnico se puede concluir que la flexibilidad en la interconexión entre el software (Labview) y el Hardware (DAQ y Microcontroladores) utilizados en la ejecución de este proyecto, permite disminuir los tiempos de ejecución de tareas y con ello los disminuir costos. Además este permite la posibilidad de incorporar alarmas, tanto sonoras como visuales, todo esto en conjunto con el enlace en red, el cual hace posible el monitoreo remoto del servidor en el que se encuentra alojado el sistema. Esto permite un mayor nivel de seguridad y eficiencia a la hora de desarrollar las actividades normales de la planta, con lo que se disminuirá de forma notable las pérdidas debido a que los tiempos de respuesta en caso de presentarse una falla ya que en algunas ocasiones, las fallas, podrían ser detectados con el suficiente tiempo como para ser evitados.

RECOMENDACIONES

1. En base a lo observado en el desarrollo de este proyecto se recomienda aplicar este sistema de crianza en galpones cuya capacidad sea para un número de aves mayor a las 1500 ya que los costos de implantación son altos y en el caso de naves de menor capacidad la utilización de este sistema no sería rentable.

2. Para el caso de las granjas a escala real se recomienda la utilización de motores de corriente alterna con un sistema de engranes y conjuntos de reducción de velocidad ya que el uso de servomotores, en su modalidad industrial resulta muy costoso.

3. Para posibles trabajos de graduación sería recomendable la investigación e implantación de sistemas de clasificación de huevos y sistemas de almacenamiento de los mismos para su posterior distribución, así como la posibilidad de un sistema de incubación; los mismos que se podrían unir y con ello establecer un sistema completo de producción avícola en el ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias Bibliográficas

[1]. ÁLVARO NIEVES, Conceptos Generales Sobre Sistemas de Ventilación en Galpones de Pollos, CHORE TIME BROCK INTERNATIONAL, GUAYAQUIL, MARZO 2009

[2]. BAILEY, D. W. (2003). Practical SCADA for Industry. Australia: Editorial Elsevier.

[3]. BENJAMÍN, K. C. (2007). Sistemas de Control automatico. n.e.: Prentiece Hall Hispanoamericana. S.A.

[4]. CHAPMAN, Stephen J., (1993), Máquinas Eléctricas. McGraw Hill. Colombia, 2ª edición.

[5]. FENAVI. (2008). Norma Tecnica 1240. n.e.: n.e.

[6]. JAIRO, H. J. (2001). Manual de Gallinas Ponedoras. ne: Zamorano.

[7]. JAVIER, B. (2005). Sistemas de Produccion Avicola. n.e.: unad.

[8]. UNAC, Manual del sistema SCADA , INDUCONTROL S.A.C, Copyright Febrero 2010

[9]. NORTH, Mack, (n.e.). MANUAL DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, 2ª. Edición

[10]. KATSUHIKO, O. (2009). Sistemas de Control en Tiempo Discreto. n.e.: Pearson Educacion.

[11]. LANZA, G. A. (2009). Guia de Produccion mas Limpia para la Produccion Avicola. Honduras: AGA & Asociados.

[12]. OSCAR, R. M. (2002). Manual Practico de pollo de engorde. gobernacion del valle del cauca.

[13]. OTIN, A. (2007). Scadad Basado en Labview para el Laboratorio de ICAI. Madrid : Tesis de Ingenieria .

[14]. PRODUCCION, M. D. (2005). Guia para la Crianza de Aves Ponedoras. Republica de chile: n.e.

[15]. SALINAS ROJAS, P. (2008). Manual de uso del programa de simulacion Proteus Layoaut Editor. Region Caldas: Centro de automatizacion Industrial, SENA.

[16]. TRAVIS, J. y. (2006). Labview for everyone Graphical Programming . USA: Prentience - Hall.

Referencias Electrónicas.

[1]. AUTOMATAS. SISTEMAS SCADA [en línea]. España. http://www.automatas.org/scada.htm. 2006. [Consulta 6 de Marzo de 2013]

[2]. HIGHLIGHTS. Automatización Industrial y Sistemas HMI-SCADA. Ecuador. www.highlights.com.ec. 2008. [Consulta 14 de marzo de 2009].

[3]. NATIONAL INSTRUMENTS. Empezando con Labview (Evaluation Version 7.0) [en línea]. USA. www.ni.com. 2003. [Consulta 8 de abril de 2013].

[4]. NATIONAL INSTRUMENTS. Hoja de datos del Módulo My Daq [en línea]. USA. www.ni.com. 2013 [Consulta 22 de Abril de 2013].

[5]. NATIONAL SEMICONDUCTOR. Hoja de datos del sensor LM35DZ [en línea]. USA. www.national.com. 2000. [Consulta 26 de noviembre de 2012].

[6]. NOGUERA, Margalida, et al. El interfaz de usuario [en línea]. España. http://www.filos.unam.mx/POSGRADO/seminarios/pag_robertp/paginas/temario.html. s.a. [Consulta 12 de Mayo de2013]

[7]. FIGUERAS, Enric. Diseño de aplicaciones SCADA con Labview [en línea]. Barcelona-España. http://personal.redestb.es/efigueras/.htm. [Consulta 12 de
Marzo de 2013].