



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES  
INDUSTRIALES**

**“AUTOMATIZACIÓN DE UN GALPÓN DE POLLOS DE LA AVÍCOLA “REINA DEL  
CISNE” PARA EVITAR LOS CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURA Y  
HUMEDAD RELATIVA EN EL AMBIENTE.”**

**TESIS DE GRADO**

Previa la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

Presentado por:

**JULIO ARMANDO ALLAUCA ALLAUCA**

**MARCO VINICIO CARRILLO TRUJILLO**

Riobamba – Ecuador

2012

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme acogido en su seno y brindado su apoyo.*

*A los profesores de la Facultad de informática y electrónica por haber compartido su experiencia, conocimiento y sabiduría.*

*A mi compañero de Tesis Julio Allauca por su dedicación, tenacidad, apoyo, inteligencia y amistad.*

*MARCO*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por brindarme salud, por guiarme siempre y por darme la oportunidad de llegar a cumplir mis metas.*

*A los profesores de mi facultad por haberme brindado su amistad y sus conocimientos.*

*JULIO*

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por brindarme la sabiduría y fortaleza.  
A mis padres, por haberme inculcado los más elevados valores de respeto, tenacidad y buenas costumbres.  
A mis hermanos, familiares y amigos, por ser siempre ese soporte fundamental durante toda mi vida.*

*MARCO*

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Angel y Olga por su apoyo constante, por enseñarme que la vida por mas sacrificada que sea, siempre tiene sus recompensas, por darme cariño y sobre todo por darme el ejemplo de superación que siempre lo demuestran.*

*MILTO*

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Iván Menes.

**DECANO DE LA FACULTAD  
DE INFORMÁTICA Y  
ELECTRÓNICA**

.....

.....

Ing. Paúl Romero

**DIRECTOR DE LA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA CONTROL  
REDES INDUSTRIALES**

.....

.....

Ing. Diego Barba Maggi

**DIRECTOR DE TESIS**

.....

.....

Dr. Rigoberto Muñoz

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

.....

.....

Lcdo. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR DPTO.  
DOCUMENTACIÓN**

.....

.....

**NOTA DE LA TESIS**

.....

“Nosotros, **Julio Armando Allauca Allauca** y **Marco Vinicio Carrillo Trujillo** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

.....  
JULIO ARMANDO ALLAUCA ALLAUCA  
CI: 060382760-1

.....  
MARCO VINICIO CARRILLO TRUJILLO  
CI: 020184336-4

## INDICE GENERAL

### INTRODUCCIÓN

### CAPITULO I

#### GENERALIDADES

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 1.1. JUSTIFICACIÓN ..... | 15 |
| 1.2. ANTECEDENTES .....  | 16 |
| 1.3. OBJETIVOS .....     | 17 |
| 1.3.1. GENERAL .....     | 17 |
| 1.3.2. ESPECÍFICOS ..... | 18 |

### CAPÍTULO II

#### FUNDAMENTO TEÓRICO

|  |    |
|--|----|
| 2.1. GUIA DE MANEJO DE POLLOS.....   | 19 |
| 2.1.1. DISEÑO DE GALPONES.....   | 19 |
| 2.1.2. SISTEMAS DE VENTILACIÓN.....  | 20 |
| 2.1.2.1. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE: .....   | 20 |
| 2.1.3. SISTEMA DE CALEFACCIÓN .....  | 21 |
| 2.1.4. CONFIGURACIÓN DEL GALPÓN .....  | 22 |
| 2.1.4.1. GALPÓN COMPLETO.....  | 22 |
| 2.1.4.2. GALPÓN SECCIONADO.....  | 22 |
| 2.1.5. MANEJO DE CRIANZA.....  | 22 |
| 2.1.5.1. ADECUADA CRIANZA .....  | 22 |
| 2.1.5.2. VENTILACIÓN PARA LA CRIANZA .....   | 23 |
| 2.1.5.3. TEMPERATURA .....   | 24 |
| 2.1.6. MANEJO DE VENTILACIÓN Y CALEFACCIÓN.....  | 25 |
| 2.1.6.1. MANEJO DE VENTILACIÓN .....   | 25 |
| 2.1.6.1.1. VENTILACIÓN MÍNIMA .....  | 25 |
| 2.1.6.1.1.1. EL TIMER .....  | 25 |
| 2.1.6.1.1.2. PRIMERA FASE DE VENTILACIÓN MÍNIMA .....  | 25 |
| 2.1.6.1.1.3. SEGUNDA FASE DE VENTILACIÓN MÍNIMA.....   | 26 |
| 2.1.6.1.2. PRESION NEGATIVA – REQUERIMIENTOS CLAVES PARA VENTILACION MINIMA.....                             | 26 |
| 2.1.6.1.3. ENTRADAS DE AIRE .....  | 27 |
| 2.1.6.1.4. VENTILACIÓN TRANSICIONAL.....   | 29 |
| 2.1.6.1.5. VENTILACIÓN DE TÚNEL .....  | 30 |
| 2.1.6.1.6. TEMPERATURA EFECTIVA .....  | 32 |
| 2.1.6.1.7. VENTILACIÓN NATURAL .....   | 33 |
| 2.1.6.1.7.1. TÉCNICAS DE MANEJO EN CONDICIONES CALUROSAS.....  | 33 |
| 2.1.6.1.7.2. CONFIGURACIONES DE VENTILADORES COMÚNMENTE ENCONTRADAS EN GALPONES CON VENTILACIÓN NATURAL..... | 34 |
| 2.1.6.1.8. TÉCNICAS PARA EL MANEJO DE CORTINAS .....   | 36 |
| 2.1.6.1.9. TÉCNICAS PARA VENTILACIÓN CON CORTINAS .....  | 36 |
| 2.2. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC) .....  | 37 |
| 2.2.1. INTRODUCCIÓN.....   | 37 |
| 2.2.2. ¿QUÉ ES UN PLC?.....  | 38 |
| 2.2.3. ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE UN PLC .....  | 38 |
| 2.2.3.1. ESTRUCTURA EXTERNA .....  | 39 |
| 2.2.3.1.1. ESTRUCTURA COMPACTA .....   | 39 |
| 2.2.3.1.2. ESTRUCTURA MODULAR O EUROPEA.....   | 40 |
| 2.2.3.2. ESTRUCTURA INTERNA.....   | 40 |
| 2.2.3.2.1. LA SECCIÓN DE ENTRADAS .....  | 40 |
| 2.2.3.2.1.1. ANALÓGICAS.....   | 41 |
| 2.2.3.2.1.2. DIGITALES .....   | 41 |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.3.2.2. LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESOS CPU, (CENTRAL PROCESSING UNIT) ..... | 41 |
| 2.2.3.2.2.1. MEMORIAS .....   | 42 |
| 2.2.3.2.2.2. PROCESADOR .....   | 43 |
| 2.2.3.2.2.3. CIRCUITOS AUXILIARES ASOCIADOS .....                             | 43 |
| 2.2.3.2.3. LA SECCIÓN DE SALIDAS .....  | 44 |
| 2.2.4. ARQUITECTURA DEL PLC .....   | 45 |
| 2.2.5. TIPOS DE PLC .....   | 46 |
| 2.2.5.1.1. COMPACTOS .....  | 46 |
| 2.2.5.1.2. MODULARES .....  | 46 |
| 2.2.5.2.1. DE GAMA BAJA .....   | 46 |
| 2.2.5.2.2. DE GAMA MEDIA .....  | 46 |
| 2.2.5.2.3. DE GAMA ALTA .....   | 46 |
| 2.2.6. PLC SIEMENS S7-1200 .....  | 47 |
| 2.2.6.1. DESCRIPCIÓN SIEMENS S7-1200 .....                                    | 47 |
| 2.2.6.2. MÓDULOS DE SEÑALES Y DE COMUNICACIÓN .....                           | 48 |
| 2.2.6.2.1. SIGNAL BOARDS .....  | 49 |
| 2.2.6.2.2. MÓDULOS DE SEÑALES .....   | 49 |
| 2.2.6.2.3. MÓDULOS DE COMUNICACIÓN .....                                      | 50 |
| 2.2.7. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE PLCs .....                                | 50 |
| 2.2.7.1. PROGRAMA Y LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN .....                            | 50 |
| 2.2.7.2. PROGRAMAS DE APLICACIÓN Y DEL SISTEMA .....                          | 51 |
| 2.2.7.3. TIPOS DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE PLCS .....                     | 51 |
| 2.2.7.4. LA NORMA IEC 1131-3 .....  | 51 |
| 2.2.7.4.1. LENGUAJES GRÁFICOS .....   | 52 |
| 2.2.7.4.1.1. LENGUAJE LADDER .....  | 52 |
| 2.2.7.4.1.2. DIAGRAMA DE FUNCIONES (FBD) .....                                | 54 |
| 2.2.7.4.2. LENGUAJES TEXTUALES .....  | 55 |
| 2.2.7.4.2.1. LENGUAJE DE TEXTO ESTRUCTURADO (ST) .....                        | 55 |
| 2.2.7.4.2.2. LENGUAJE BOOLEANO (Lista de Instrucciones IL) .....              | 55 |
| 2.2.7.4.3. SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC) .....                              | 56 |
| 2.2.7.5. STEP 7 BASIC LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PARA SIEMENS S7-1200 .....     | 57 |
| 2.2.7.5.1. GENERALIDADES .....  | 57 |
| 2.3. SENSORES Y ACTUADORES .....  | 58 |
| 2.3.1. SENSORES .....   | 58 |
| 2.3.1.1. INTRODUCCION .....   | 58 |
| 2.3.1.2. ACONDICIONADORES Y PROCESADORES DE SEÑAL .....                       | 59 |
| 2.3.1.3. SENSORES DE TEMPERATURA .....  | 59 |
| 2.3.1.3.1. TERMOPARES .....   | 59 |
| 2.3.1.3.2. RESISTIVOS .....   | 60 |
| 2.3.1.3.3. SEMICONDUCTORES .....  | 61 |
| 2.3.1.4. SENSORES DE HUMEDAD .....  | 61 |
| 2.3.1.4.1. SENSORES DE HUMEDAD CAPACITIVOS .....                              | 61 |
| 2.3.1.4.2. SENSORES DE HUMEDAD RESISTIVOS .....                               | 61 |
| 2.3.2. ACTUADORES .....   | 61 |
| 2.3.2.1. MOTORES .....  | 61 |
| 2.3.2.1.1. INTRODUCCION .....   | 61 |
| 2.3.2.1.2. PARTES DE UN MOTOR DC .....  | 62 |
| 2.3.2.1.3. TIPOS DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINÚA .....                       | 63 |
| 2.3.2.2. VENTILADORES .....   | 63 |
| 2.3.2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES .....                            | 64 |
| 2.3.2.2.1.1. ATENDIENDO A SU FUNCIÓN .....                                    | 64 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2.2.1.2. ATENDIENDO A LA TRAYECTORIA DEL AIRE.....         | 65 |
| 2.3.2.2.1.3. ATENDIENDO A LA PRESIÓN.....                    | 66 |
| 2.3.2.3. CONTROLES ELECTRO-NEUMÁTICOS (ELECTROVÁLVULAS)..... | 67 |
| 2.3.2.3.1. VÁLVULA DE CONTROL.....                           | 67 |
| 2.3.2.3.1.1. PARTES DE LA VÁLVULA DE CONTROL.....            | 67 |
| 2.3.2.3.1.1.1. ACTUADOR.....                                 | 68 |
| 2.3.2.3.1.1.2. CUERPO DE LA VÁLVULA.....                     | 68 |
| 2.3.2.3.1.1.3. CATEGORÍAS DE VÁLVULAS.....                   | 68 |

### **CAPÍTULO III DESARROLLO**

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 3.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO INSTALACIONES ELÉCTRICAS GALPÓN 1<br>“AVÍCOLA REINA DEL CISNE”..... | 69                                   |
| 3.1.1. PROBLEMAS DETECTADOS.....  | 69                                   |
| 3.1.2. TRABAJOS REALIZADOS.....   | 70                                   |
| 3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.....   | 75                                   |
| 3.2.1. CARACTERÍSTICAS GALPÓN 1 AVÍCOLA “REINA DEL CISNE.....                                     | 75                                   |
| 3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN.....   | 81                                   |
| 3.4. CONTROL DE HUMEDAD.....  | 82                                   |
| 3.5. DISEÑO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD<br>RELATIVA.....                      | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 3.5.1. SENSORES O ENTRADAS EN EL PLC.....   | 85                                   |
| 3.5.1.1. PULSADOR STOP.....   | 86                                   |
| 3.5.1.2. PULSADOR RESET.....  | 86                                   |
| 3.5.1.3. SELECTOR.....  | 86                                   |
| 3.5.1.4. FIN DE CARRERA.....  | 86                                   |
| 3.5.1.5. SENSOR DE HUMEDAD HU-10.....   | 87                                   |
| 3.5.1.6. SENSOR DE TEMPERATURA.....   | 88                                   |
| 3.5.2. ACTUADORES O SALIDAS.....  | 90                                   |
| 3.5.2.1. LUZ PILOTO ROJA.....   | 91                                   |
| 3.5.2.2. LUZ PILOTO VERDE.....  | 91                                   |
| 3.5.2.3. MOTORES:.....  | 91                                   |
| 3.5.2.4. PUENTE H DE POTENCIA.....  | 92                                   |
| 3.5.2.5. VENTILADOR.....  | 92                                   |
| 3.5.2.6. GENERADOR DE CHISPA.....   | 92                                   |
| 3.5.2.7. ELECTROVALVULA.....  | 92                                   |
| 3.5.2.8. HMI SIEMENS.....   | 93                                   |
| 3.5.2.8.1. ASIGNAR DIRECCIONES IP A LOS DISPOSITIVOS DE<br>PROGRAMACIÓN Y RED.....                | 94                                   |
| 3.5.2.8.2. MÉTODOS DE DIRECCIONAMIENTO IP.....  | 95                                   |
| 3.5.2.8.3. COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS HMI Y EL PLC.....                                      | 95                                   |
| 3.5.2.8.4. CONFIGURACIÓN/INSTALACIÓN.....   | 95                                   |
| 3.5.2.8.5. FUNCIONES SOPORTADAS:.....   | 96                                   |
| 3.5.2.8.6. DISEÑO DE IMAGENES HMI.....  | 96                                   |
| 3.5.2.8.7. ESTRUCTURACIÓN DE IMÁGENES.....  | 96                                   |
| 3.5.2.8.15. PANTALLAS E IMÁGENES PRINCIPALES.....   | 97                                   |
| 3.5.2.8.8.1. PRESENTACIÓN.....  | 97                                   |
| 3.5.2.8.8.2. MENÚ.....  | 98                                   |
| 3.5.2.8.8.3. MANUAL/AUTOMÁTICO.....   | 98                                   |
| 3.5.2.8.8.4. MONITOREO SECCIONES 1 Y 2.....   | 99                                   |
| 3.5.2.8.8.5. VENTILACIÓN MÍNIMA.....  | 99                                   |
| 3.5.2.8.8.6. CONFIGURACIÓN HMI.....   | 100                                  |
| 3.5.3. FUNCIONAMIENTO GENERAL.....  | 100                                  |



## **CAPITULO IV**

### **MANUAL DE MANEJO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL GALPÓN N: 1 DE LA AVÍCOLA REINA DEL CISNE**

|  |     |
|--|-----|
| 4.1. INTRODUCCIÓN .....                                    | 103 |
| 4.2. ALCANCE .....   | 103 |
| 4.3. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA .....                        | 104 |
| 4.4. ENCENDIDO Y APAGADO DEL SISTEMA .....                 | 104 |
| 4.5. FUNCIONE DEL SISTEMA .....                            | 104 |
| 4.6. SIMBOLOGÍA.....                                       | 105 |
| 4.7. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD.....                       | 105 |
| 4.8. ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES.....                      | 105 |
| 4.9. PERSONAL CUALIFICADO .....                            | 106 |
| 4.10. EQUIPO Y ACCESORIOS. ....                            | 106 |
| 4.11. CONFIGURANDO AL SISTEMA PARA FUNCIONAMIENTO. ....    | 109 |
| 4.11.1. CONFIGURACIÓN. ....                                | 109 |
| 4.11.1.1. TRABAJO MANUAL. ....                             | 109 |
| 4.11.1.2. CONFIGURACIÓN Y TRABAJO EN MODO AUTOMÁTICO. .... | 110 |
| 4.11.1.2.1. INGRESANDO SET POINT. ....                     | 110 |
| 4.11.1.3. FUNCIONES DE MONITOREO.....                      | 111 |
| 4.11.1.4. VENTILACIÓN MÍNIMA.....                          | 111 |
| 4.11.1.5. MENÚ HMI .....                                   | 112 |
| 4.11.1.6. TRABAJANDO CON EL TABLERO PRINCIPAL .....        | 112 |
| 4.11.1.6.1. FUNCIONES DE STOP Y RESET .....                | 113 |
| 4.11.1.6.1.1. STOP .....                                   | 113 |
| 4.11.1.6.1.2. RESET .....                                  | 113 |
| <b>CAPITULO V</b>  |     |
| 5.1. RESULTADOS.....                                       | 114 |
| CONCLUSIONES   |     |
| RECOMENDACIONES  |     |
| RESUMEN  |     |
| GLOSARIO   |     |
| BIBLIOGRAFIA   |     |
| ANEXOS   |     |

## INDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura II. 1 Orientación de un galpón .....  | 20 |
| Figura II. 2 Adecuada crianza (5) .....  | 23 |
| Figura II. 3 Flujo cruzado para ventilación mínima .....                                 | 28 |
| Figura II. 4 Ventilación de flujo cruzado .....  | 29 |
| Figura II. 5 Ventilación de Túnel.....   | 31 |
| Figura II. 6 Velocidad de aire en las compuertas de entrada.....                         | 31 |
| Figura II. 7 Configuraciones de ventiladores más eficiente .....                         | 34 |
| Figura II. 8 Configuraciones de ventiladores eficiente .....                             | 35 |
| Figura II. 9 Configuraciones de ventiladores menos eficiente.....                        | 35 |
| Figura II. 10 Velocidad de aire mejorada al nivel de las aves .....                      | 36 |
| Figura II. 11 Cielo falso y cortinas para crianza.....                                   | 37 |
| Figura II. 12 PLC (6) .....  | 38 |
| Figura II. 13 PLC Estructura Compacta (6) .....  | 39 |
| Figura II. 14 PLC Estructura Modular (6).....  | 40 |
| Figura II. 15 PLC Estructura Interna (6) .....   | 40 |
| Figura II. 16 PLC Arquitectura (6) .....   | 45 |
| Figura II. 17 PLC Arquitectura (6) .....   | 45 |
| Figura II. 18 SIEMENS S7-1200 (6) .....  | 47 |
| Figura II. 19 SIEMENS S7-1200 SIGNAL BOARDS (6) .....                                    | 49 |
| Figura II. 20 SIEMENS S7-1200 MÓDULOS DE SEÑALES (6) .....                               | 49 |
| Figura II. 21 SIEMENS S7-1200 MÓDULOS DE COMUNICACIÓN (6) .....                          | 50 |
| Figura II. 22 Elementos de Programación (6).....   | 53 |
| Figura II. 23 Diagrama Escalera.....   | 53 |
| Figura II. 24 Diagrama de Funciones .....  | 54 |
| Figura II. 25 Diagrama SFC .....   | 56 |
| Figura II. 26 Step 7 (6).....  | 57 |
| Figura II. 27 Step 7 vista del proyecto (6).....   | 58 |
| Figura II. 28 Acondicionadores y Procesadores de Señal (10).....                         | 59 |
| Figura II. 29 Termopares (10) .....  | 60 |
| Figura II. 30 Sensores de Humedad (10) .....   | 61 |
| Figura II. 31 Motor DC (8) .....   | 62 |
| Figura II. 32 Ventiladores (11).....   | 64 |
| Figura II. 33 Ventiladores Impulsos-Extractores.....                                     | 64 |
| Figura II. 34 Ventiladores Murales.....  | 65 |
| Figura II. 35 Ventiladores de Chorro .....   | 65 |
| Figura II. 36 Ventiladores Centrífugos.....  | 65 |
| Figura II. 37 Ventiladores Axiales.....  | 66 |
| Figura II. 38 Ventiladores Transversales.....  | 66 |
| Figura II. 39 Ventiladores Helicocentrífugos .....                                       | 66 |
| Figura II. 40 Electroválvula.....  | 67 |
| Figura II. 41 Electroválvula.....  | 67 |
| Figura III.42 Instalaciones Eléctricas Anteriores.....                                   | 70 |
| Figura III.43 Avícola reina del cisne galpón No: 1 Rediseño Eléctrico .....              | 75 |
| Figura III.44 Cortinas desplegadas manualmente .....                                     | 76 |
| Figura III.45 Ventilador Panasonic FV-08VKL3 .....                                       | 77 |
| Figura III.46 Características internas del galpón 01 de la avícola Reina del Cisne ..... | 78 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura III.47 Sistema de tuberías en el interior .....                                  | 78  |
| Figura III.48 Sistema de apertura y cierre de cortinas .....                            | 79  |
| Figura III.49 HIGH TORQUE ATEX MOTORS – MOTORREDUCTOR .....                             | 80  |
| Figura III.50 Malacate .....  | 80  |
| Figura III.51 Criadoras tipo campana .....  | 81  |
| Figura III.52 Chispero tipo electrodo .....   | 81  |
| Figura III.53 Circuito astable .....  | 82  |
| Figura III.54 Transformador elevador .....  | 82  |
| Figura III.55 Ventilador Panasonic FV-08VKL3 .....                                      | 82  |
| Figura III.56 Diagrama de sistema de control .....                                      | 83  |
| Figura III.57 Proceso de control .....  | 84  |
| Figura III.58 PLC SIEMENS + MODULO DE EXPANSIÓN SM 1231 TC .....                        | 84  |
| Figura III.59 Fusible de 3 A. + Fuente 5VCD, 12 VCD y 24VCD .....                       | 85  |
| Figura III.60 Pulsadores y selector .....   | 85  |
| Figura III.61 Diagrama de posición de sensores fin de carrera (FC) para la cortina. ... | 86  |
| Figura III.62 Sensor fin de carrera y estructura de soporte .....                       | 87  |
| Figura III.63 Sensor de humedad HU-10S .....  | 88  |
| Figura III.64 Sensor de temperatura tipo K .....  | 88  |
| Figura III.65 .....   | 89  |
| Figura III.66 Curva característica de termocuplas .....                                 | 89  |
| Figura III.67 SM 1231 TC de SIEMENS .....   | 90  |
| Figura III.68 Termómetro y HMI SIEMENS .....  | 90  |
| Figura III.69 RELES 24 VCD - 30 AMPERIOS .....  | 91  |
| Figura III.70 RELES 24 VCD - 30 AMPERIOS, CONEXIÓN .....                                | 91  |
| Figura III.71 PUENTE H DE POTENCIA .....  | 92  |
| Figura III.72 Electroválvula 2/2, 12 VCD .....  | 93  |
| Figura III.73 HMI SIEMENS KTP 400 BASIC MONO PN .....                                   | 93  |
| Figura III.74 Conexión directa: Programadora-PLC .....                                  | 94  |
| Figura III.75 Conexión directa: HMI-PLC .....   | 94  |
| Figura III.76 Conexión directa: PLC – PLC .....   | 94  |
| Figura III.77 Conexión directa: HMI-PLC .....   | 95  |
| Figura III.78 Estructuración de imágenes .....  | 97  |
| Figura III.79 Presentación HMI .....  | 98  |
| Figura III.80 Menú HMI .....  | 98  |
| Figura III.81 Controles Manual/Automático HMI .....                                     | 99  |
| Figura III.82 Montoreo Sección 2 HMI .....  | 99  |
| Figura III.83 Ventilación Mínima HMI .....  | 100 |
| Figura III.84 Configuración de contraste HMI .....                                      | 100 |
| Figura III.85 Parte interna del tablero principal del sistema de control .....          | 101 |
| Figura IV.86 Equipos y Accesorios .....   | 106 |
| Figura IV.87 HMI .....  | 107 |
| Figura IV.88 Ventilador FV-08VKL3 .....   | 107 |
| Figura IV.89 Motores de corriente directa de torque elevado .....                       | 108 |
| Figura IV.90 Sensores de humedad, temperatura y posición .....                          | 108 |
| Figura IV.91 Bovina elevadora de tensión BOSCH .....                                    | 108 |
| Figura IV.92 Electroválvula de control de paso de gas .....                             | 109 |
| Figura IV.93 manual automático .....  | 109 |
| Figura IV.94 Menú principal + set point .....   | 110 |
| Figura IV.95 Monitoreo y activación sección dos .....                                   | 111 |
| Figura IV.96 Monitoreo y activación sección dos .....                                   | 111 |
| Figura IV.97 Ventilación mínima .....   | 112 |
| Figura IV.98 Configuración de Contraste HMI .....                                       | 112 |
| Figura IV.99 Tablero Principal .....  | 113 |

Figura V.100 Grafica de temperatura vs tiempo sin sistema de control ..... 115  
Figura V.101 Grafica de humedad vs tiempo sin sistema de control ..... 115  
Figura V.102 Grafica de temperatura vs tiempo con sistema de control..... 116  
Figura V.103 Grafica de humedad vs tiempo con sistema de control ..... 116

## INDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla II. I Características ideales del aire dentro del galpón(5).....          | 21  |
| Tabla II. II Velocidad máxima del aire a través de las aves según edad (5)..... | 24  |
| Tabla II. III Guía de temperatura y humedad(5).....                             | 24  |
| Tabla II. IV Velocidad de aire requerida en las entradas de aire(5).....        | 29  |
| Tabla II. V Reducciones de temperatura efectiva.....                            | 33  |
| Tabla II. VI Funciones del PLC SIEMENS S71200 (6).....                          | 48  |
| Tabla II. VII E/S DE PLC S71200 (6).....  | 48  |
| Tabla III. VII NIVELES DE ILUMINACIÓN.....                                      | 71  |
| Tabla III. IX FACTOR DE UTILIZACIÓN.....  | 72  |
| Tabla III. X Características eléctricas del sensor de humedad HU- 10S.....      | 87  |
| Tabla III. XI características internas del tablero de control.....              | 102 |
| Tabla IV. XII Simbología.....   | 105 |
| Tabla V. XIII Tabla de adquisición de datos de temperatura y humedad.....       | 114 |

## INTRODUCCIÓN

La crianza y engorde de pollos ha sido en nuestra provincia un pilar fundamental en la economía de muchas familias, y principalmente de las pequeñas y medianas empresas que se dedican a este fin. Debido a que todo este proceso se lo ha llevado desde siempre de forma manual, en ocasiones, las condiciones ambientales adversas en el interior de los galpones y la falta de un adecuado control y monitoreo de estas variables, han sido causa de una excesiva muerte de los animales, haciendo que las empresas tengan fuertes pérdidas económicas y terminen por cerrar.

La automatización de procesos industriales han proveído de herramientas fundamentales a todo nivel y tipo de empresas, es por ende importante el fortalecimiento y la utilización de la tecnología aplicable a este fin, razón por la cual se han desarrollado varios modelos y métodos para llevar un control y monitoreo adecuado durante todas las fases de crecimiento y engorde del ave.

El modelo planteado en esta tesis, trata de resolver el problema de la falta de un correcto control y monitoreo de las variables de temperatura y humedad relativa, que permita evitar la mortalidad excesiva de los pollos.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. JUSTIFICACIÓN**

La utilización de sistemas electrónicos automáticos en los últimos tiempos en nuestro país, han revolucionado las industrias de todo tipo, elevando su producción y rentabilidad.

En un galpón de pollos, para conseguir un buen rendimiento es necesario establecer y mantener las condiciones ambientales óptimas a lo largo de la crianza. Es decir, tanto en épocas de frío como de calor el ave debe seguir comiendo y transformando dicho alimento siempre con el máximo aprovechamiento posible.

Para ello es necesario satisfacer las necesidades térmicas de las aves suministrándoles oxígeno, eliminando la humedad relativa y manteniendo rangos de temperatura estables dentro del galpón.

La automatización del galpón servirá para evitar cambios bruscos de temperatura y humedad relativa que perjudiquen a las aves.

## **1.2. ANTECEDENTES**

En los alrededores de la ciudad de Riobamba, existen empresarios dueños de galpones de aves (pollos) que manejan grandes inversiones. La crianza y engorde del pollo implica llevar un control estricto y detallado de todo este proceso para evitar la muerte del animal y el colapso de la empresa, para lo cual es necesario proteger a las aves de los cambios bruscos del medio ambiente ya que en el primer momento en que se baja el animal dentro del galpón es necesario mantener la temperatura en una banda muy estrecha (entre 16°C y 33°C), tanto para evitar que el animal muera por frío como muera por deshidratación. Durante la primera semana las aves comienzan a regular su temperatura corporal. Al finalizar la tercera semana el ave está totalmente emplumada y entra en una fase de crecimiento muy acelerada. A partir de estos momentos el control de la temperatura todavía es importante, pero se presentan otros factores como el nivel de humedad. Las cuatro últimas semanas de vida, el control ambiental juega un papel importante sobre todo en el enfriamiento del galpón, pero a medida que las aves crecen también aportan mucha más humedad al ambiente, debiéndose extraer la humedad del galpón, especialmente en temporadas de calor.

El galpón en análisis mide 35 x 7 m que contiene 3000 aves. En temporadas calurosas es necesario extraer el exceso de calor producido por las aves, mientras temporadas de frío se adiciona calor hasta que las aves sean capaces de mantenerse calientes con su propia producción de calor. Mientras tanto cualquiera que sea la estación del año donde las aves no consigan librarse del exceso de calor porque la temperatura o la humedad del galpón subieron demasiado, comenzarán a sufrir.

La ventilación y calefacción actualmente se los realizan de forma manual, en el caso que haga mucho frío se utilizan calefactores de gas industrial para aumentar la temperatura; y, en el caso que haga mucho calor se abre las cortinas del galpón dejando entrar un flujo de aire frío.



La raza de pollos del galpón en análisis es BROILER ROSS 308, para este tipo de aves la temperatura apropiada que se debe conservar dentro del galpón va desde los 33 °C cuando tenemos el pollito de un día, hasta los 16 °C cuando el pollo es adulto de 56 días y listo para el consumo humano. Tanto en invierno como en verano el control de la ventilación permite mantener la temperatura dentro de la zona de termo neutralidad.

Las temperaturas muy altas o muy bajas no sólo reducen el crecimiento sino que pueden llegar a causar la muerte.

Se usan termómetros de mercurio simples para identificar la temperatura interna del galpón y realizar las operaciones de encendido de las criadoras industriales o la apertura o cierre de las cortinas según sea el caso, todo manualmente.

Cabe indicar que la temperatura tiene que ser ideal, dentro de un margen de error del  $\pm 2\%$ , debido a que dentro de los galpones el aire debe circular libremente (no el viento), y esta varía dependiendo a la edad de las aves.

La humedad relativa no se controla en este galpón, por lo que es otro factor que produce muerte y enfermedades en este tipo de aves, siendo fundamental mantener niveles adecuados de humedad relativa que generalmente está ubicada entre el 30% y 50% en los primeros días de crecimiento del pollito y el 50% y 70% cuando el pollo es adulto.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. GENERAL**

Automatizar un galpón de pollos de la avícola “REINA DEL CISNE” para evitar los cambios bruscos de temperatura y humedad relativa que perjudiquen a las aves, utilizando un PLC

### **1.3.2. ESPECÍFICOS**

- Diseñar e implementar un sistema de ventilación para mantener bajos los niveles de amoniaco del galpón mediante extractores y ventiladores industriales eléctricos.
- Diseñar e implementar un sistema de control electrónico para mantener los niveles temperatura y humedad relativa dentro de los parámetros normales, utilizando un PLC, sensores y actuadores adecuados.
- Elaborar un manual de usuario que permita al operario llevar un control adecuado del sistema.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

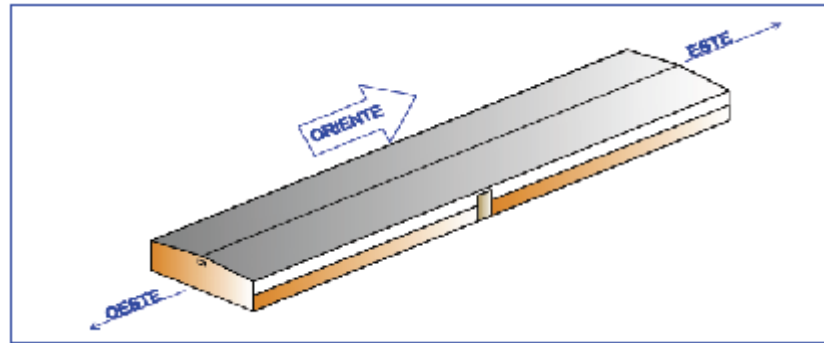
#### **2.1. GUIA DE MANEJO DE POLLOS**

##### **2.1.1. DISEÑO DE GALPONES.**

Hay muchas cosas que considerar al seleccionar el tipo más adecuado de galpón y equipo relacionado con pollos de engorde. Aunque las limitaciones económicas son de primera consideración, factores como disponibilidad de los equipos son también muy importantes. El alojamiento debe ser durable y proveer de un ambiente controlable.

En la construcción de un galpón para pollos de engorde, primero se debe seleccionar un terreno con buen drenaje y con suficiente corriente de aire natural. El galpón debe orientarse sobre un eje este – oeste según figura II.01, para reducir la cantidad de luz solar directa en las paredes laterales durante las horas más calurosas del día. El principal objetivo es reducir al máximo las fluctuaciones térmicas que ocurren en un periodo de 24 horas, tomando especial cuidado durante las noches.

Un buen control de temperatura promueve mejoras en la conversión de alimento y en la tasa de crecimiento de las aves.



**Figura II. 1** Orientación de un galpón

Las principales características de un galpón son:

1. El material del techo debe tener una superficie reflectora en su parte externa para bajar la conducción de calor solar. Adicionalmente el techo debería ser aislado.
2. Los sistemas de calefacción deben tener una amplia capacidad calórica de acuerdo con el clima regional.
3. Los sistemas de ventilación deben diseñarse para proveer suficiente oxígeno y para mantener condiciones óptimas de temperatura para las aves.
4. La iluminación debe estar orientada para suministrar una distribución uniforme de luz a nivel del piso.

## **2.1.2. SISTEMAS DE VENTILACIÓN**

### **2.1.2.1. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE:**

El propósito de la ventilación mínima es la de proveer una buena calidad de aire. Es importante que las aves siempre tengan niveles adecuados de oxígeno y mínimos niveles de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), CO (óxido de carbono), NH<sub>3</sub> (amoníaco) y polvo.

Una ventilación mínima inadecuada y por lo tanto una baja calidad de aire dentro del galpón traerá como consecuencia elevados niveles de amoníaco, dióxido de carbono y humedad que a su vez pueden desencadenar ascitis y enfermedades crónicas del tracto respiratorio.

Los niveles de amonio deben evaluarse al nivel de las aves. Los efectos negativos del amoniaco incluyen quemaduras de patas, lesiones de ojos, ampollas en la pechuga/lesiones de piel, bajo peso corporal, baja uniformidad, mayor susceptibilidad a enfermedades y ceguera.

| <b>Calidad del aire dentro del galpón</b> |                               |
|---|-------------------------------|
| Oxígeno %                                 | > 19,6%                       |
| Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )     | < 0,3% / 3,000 ppm            |
| Monóxido de Carbono                       | < 10 ppm. (partes por millón) |
| Amoníaco                                  | < 10 ppm                      |
| Humedad Relativa                          | 45 a 65%                      |
| Polvo Respirable                          | < 3,4 mg/m <sup>3</sup>       |

**Tabla II. I** Características ideales del aire dentro del galpón (5).

### 2.1.3. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Una de las claves para maximizar el rendimiento de las aves es el suministro de un ambiente de alojamiento adecuado (temperaturas ambientales). La capacidad calórica requerida dependerá del clima regional (temperatura ambiental), aislación del techo y nivel de sellado del galpón.

Los siguientes sistemas de calefacción están disponibles:

Calentadores de aire forzado (calentadores de ambiente): estos calefactores deben ubicarse donde el movimiento del aire sea suficientemente lento como para permitir un óptimo nivel de calentamiento del aire. Estos calefactores deben instalarse a una altura de 1,4 a 1,5 metros del suelo; esta altura no causara corrientes de aire a nivel de los pollitos. Los calentadores de aire forzado no deben instalarse cerca de las entradas de aire porque es imposible calentar aire que se mueve rápidamente con este tipo de calefactor. El uso de estos calefactores cerca de las entradas de aire llevara a un aumento del uso de energía con un consecuente aumento en los costos.

Calentadores por radiación/ criadoras: tanto las criadoras de campana o las criadoras por radiación se usan para calentar la cama dentro del galpón. Estos sistemas permiten que los pollitos encuentren su propia zona de confort. El agua y alimento deben estar cerca.

Calentadores de "loza radiante": este sistema opera con agua caliente circulando a través de un sistema de cañerías en un piso de concreto. El intercambio de calor proveniente del agua calienta el piso de concreto, la cama y el área de crianza.

Recomendaciones: las criadoras por radiación deben ser utilizadas en conjunto con calentadores de ambiente. Las criadoras por radiación se usan como fuente primaria de calor durante la fase de crianza mientras que los calentadores de ambiente proveen de calor adicional en climas fríos.

A medida que el lote crece, las aves desarrollan la capacidad de regular su temperatura corporal.

Aproximadamente a los 14 días de edad, los calentadores de ambiente pueden ser utilizados como la fuente de calefacción primaria. Generalmente, las criadoras por radiación deben ser utilizadas como la fuente de calefacción principal en galpones con baja aislación mientras que los calefactores de ambiente pueden usarse en galpones de paredes sólidas con buena aislación.

## **2.1.4. CONFIGURACIÓN DEL GALPÓN**

Hay varias maneras de preparar un galpón para la fase de crianza. Diseño del galpón, condiciones ambientales locales y disponibilidad de recursos determinarán la forma idónea de preparar un galpón.

### **2.1.4.1. GALPÓN COMPLETO**

Crianza a galpón completo se limita generalmente a galpones de paredes sólidas o a galpones localizados en climas muy propicios. Lo más importante en la crianza a galpón completo es producir un ambiente sin fluctuaciones de temperatura.

### **2.1.4.2. GALPÓN SECCIONADO**

La crianza en una sección del galpón es una práctica común que busca disminuir los costos de calefacción. Al disminuir el espacio dedicado a la fase de crianza se puede conservar el calor de mejor manera y al mismo tiempo reducir los costos de energía. Adicionalmente, es más fácil mantener temperaturas adecuadas en áreas reducidas.

La crianza en una sección del galpón debe utilizar un espacio para crianza tan grande como lo permita la capacidad de calefacción y aislación del galpón considerando, por supuesto, las condiciones ambientales locales. El incremento de espacio para la crianza depende de la capacidad de calefacción, aislación del galpón y condiciones ambientales exteriores. El objetivo es aumentar el área destinada a la crianza tan pronto como se puedan lograr las temperaturas deseadas. Antes de abrir una nueva sección del galpón, esta debe ventilarse y calentarse al menos 24 h antes de que las aves ingresen a esta sección. Abajo se presenta un ejemplo de crianza en galpón seccionado.

- Hasta los 7 días –  $\frac{1}{2}$  galpón.
- De los 8 a los 10 días –  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  de galpón.
- De los 11 a los 14 días –  $\frac{3}{4}$  de galpón.

Existen varias estrategias para dividir galpones, dentro de ellas, la más común consiste en el uso de cortinas de piso a techo. Se debe colocar una barrera sólida de 20 cm (8 in.) en el piso en frente de la cortina para asegurar que corrientes de aire no perturben a los pollitos. El manejo de crianza en una sección del galpón se puede hacer de una manera similar a la crianza a galpón completo con una fuente de calor localizada en el centro.

## **2.1.5. MANEJO DE CRIANZA**

### **2.1.5.1. ADECUADA CRIANZA**

Nunca se puede hacer suficiente énfasis en la importancia del período de crianza. Los primeros 14 días de vida de un pollito crean la base para un buen desarrollo posterior. El esfuerzo extra que se haga en la fase de crianza será recompensado

con el resultado final del lote. Verifique los pollitos dos horas después de su llegada. Asegúrese de que estén cómodos. Vea la siguiente figura para la crianza.

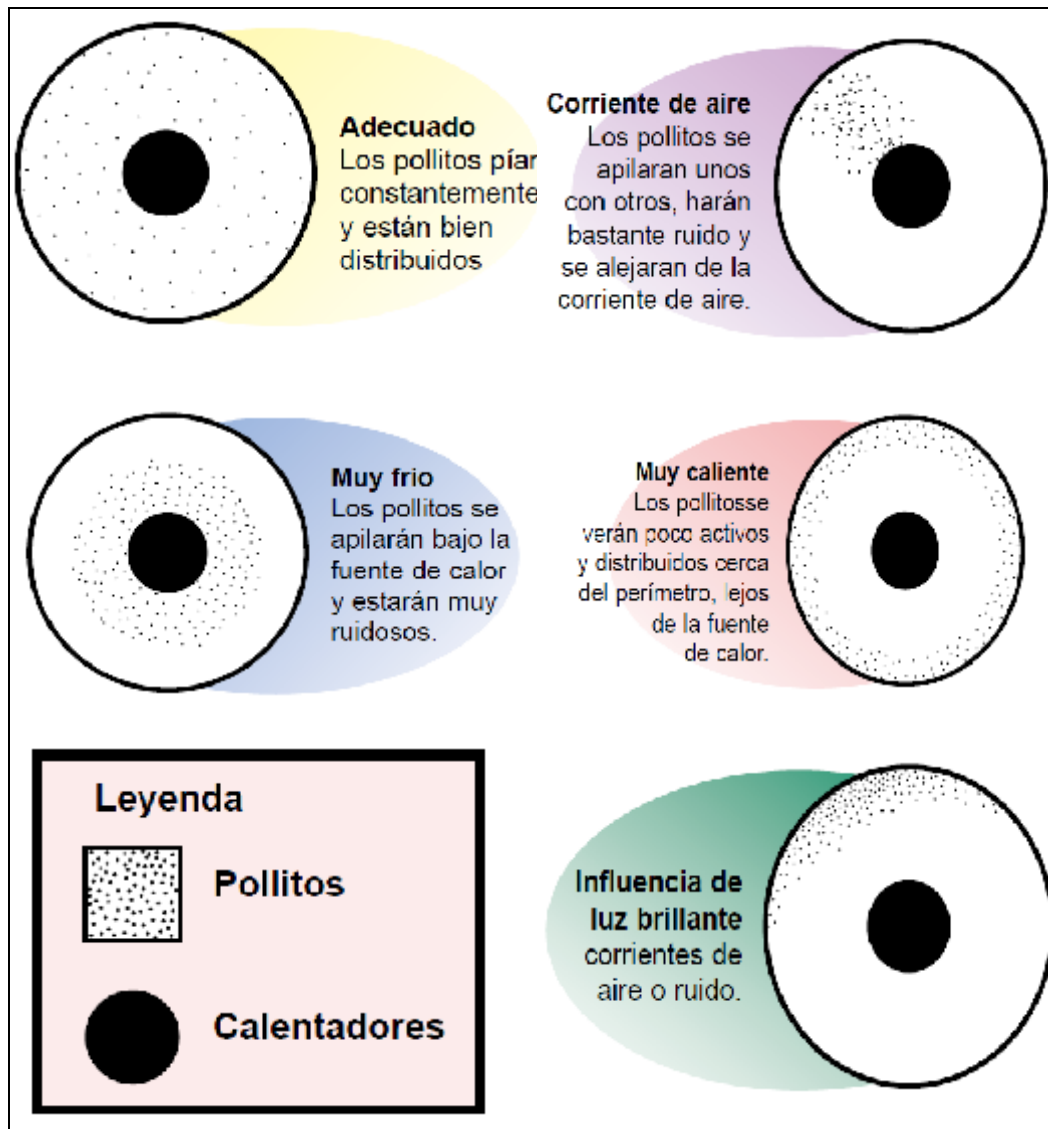


Figura II. 2 Adecuada crianza (5).

### 2.1.5.2. VENTILACIÓN PARA LA CRIANZA

Además de un correcto ajuste de temperatura la ventilación debe ser considerada. La ventilación distribuye el aire caliente uniformemente en todo el galpón y mantiene una buena calidad de aire en el área de crianza. Los pollitos son más susceptibles a una mala calidad de aire que los pollos de más edad. Por consiguiente, niveles de amoníaco que producen un efecto limitado en un lote de siete semanas de edad pueden reducir el peso corporal de los pollitos de una semana en un 20%. Los niveles de amoníaco deben mantenerse todo el tiempo bajo 10 ppm (partes por millón).

Los pollitos también son muy susceptibles a las corrientes de aire. Velocidades de aire tan bajas como 0,5 m/s pueden causar un efecto de enfriamiento por viento en pollitos de un día de edad. Si se usan ventiladores de circulación, estos deben apuntar hacia el techo para disminuir las corrientes de aire a la altura de los pollitos.

| Edad de las aves | Metros por segundo |
|------------------|--------------------|
| 0 - 14 días      | Aire quieto        |
| 15 - 21 días     | 0,5                |
| 22 - 28 días     | 0,875              |
| 28 o más días    | 1,75 - 2,5         |

**Tabla II. II** Velocidad máxima del aire a través de las aves según edad (5).

Hasta los 14 días de edad se deben emplear prácticas de ventilación mínima para evitar el enfriamiento repentino de las aves.

### 2.1.5.3. TEMPERATURA

Verificación de la actividad de las aves: Cada vez que entre a un galpón de aves observe las siguientes actividades de las aves:

- Aves comiendo
- Aves bebiendo
- Aves descansando
- Aves jugando
- Aves “hablando”
- Las aves jamás deben estar amontonadas

| Edad – días | Humedad relativa | Temperatura °C | Temperatura °F |
|-------------|------------------|----------------|----------------|
| 0           | 30-50%           | 32-33          | 90-91          |
| 7           | 40-60%           | 29-30          | 84-86          |
| 14          | 50-60%           | 27-28          | 81-83          |
| 21          | 50-60%           | 24-26          | 75-79          |
| 28          | 50-65%           | 21-23          | 70-73          |
| 35          | 50-70%           | 19-21          | 66-73          |
| 42          | 50-70%           | 18             | 64             |
| 49          | 50-70%           | 17             | 63             |
| 56          | 50-70%           | 16             | 61             |

**Tabla II. III** Guía de temperatura y humedad (5)

Nota: Si la humedad es menor que la del rango indicado en la tabla, aumente la temperatura de 0,5 a 1 °C. Si la humedad es mayor que la indicada en la tabla, reduzca la temperatura de 0,5 a 1°C. Siempre monitoree la actividad de las aves y la temperatura efectiva – las aves son importantes “sensores” para determinar una óptima temperatura.



## **2.1.6. MANEJO DE VENTILACIÓN Y CALEFACCIÓN.**

### **2.1.6.1. MANEJO DE VENTILACIÓN**

#### **2.1.6.1.1. VENTILACIÓN MÍNIMA**

##### **Definición:**

La cantidad mínima de ventilación (volumen de aire) requerido para mantener el potencial genético de las aves. Esto se logra asegurando una óptima cantidad de oxígeno y la adecuada remoción ambiental de los productos de desecho derivados de la combustión y del crecimiento de las aves. Los requerimientos de una ventilación mínima correctamente manejada incluyen:

- Entrega de oxígeno para cumplir con las demandas metabólicas de las aves.
- Control de la humedad relativa.
- Mantención de una buena calidad de cama.

Un concepto típicamente equivocado es que la ventilación mínima no se necesita en climas cálidos. Los procedimientos de la ventilación de verano (ventilación de túnel) se pueden usar con moderación en lugar de la ventilación mínima.

Este sistema debería ser independiente de los sistemas de control de temperatura y funciona mejor si se opera con un sensor de temperatura que active los ventiladores en caso de que la temperatura sube de un valor predeterminado.

##### **2.1.6.1.1.1. EL TIMER**

Se prefiere el uso de ciclos de 5 minutos sin exceder los 10 min. El mínimo tiempo de funcionamiento del sistema debe ser de al menos un 20% del tiempo.

- Ciclos de 10 min: 2 minutos encendidos y 8 minutos apagados.
- Ciclos de 5 minutos: 1 minuto encendido y 4 minutos apagados.

Cada vez que la calidad del aire se empiece a deteriorar el tiempo de encendido debe aumentarse pero el tiempo total del ciclo debe permanecer inalterado.

El sistema de ventilación mínima se calcula en dos fases; primera y segunda fase de ventilación mínima.

##### **2.1.6.1.1.2. PRIMERA FASE DE VENTILACIÓN MÍNIMA**

Los ventiladores se deben hacer funcionar con un timer y no con un termostato. Estos ventiladores deben ser de volumen fijo y no de velocidad variable.

La capacidad de los ventiladores funcionando con el timer debe ser capaz de dar un recambio de aire total cada 8 minutos.

El número de ventiladores requeridos para hacer un cambio de aire cada 8 minutos es el siguiente:

Volumen del galpón ( $m^3$ ) capacidad disponible de los ventiladores ( $m^3/\text{min}$ )  
Volumen del galpón ( $ft^3$ ) capacidad disponible de los ventiladores ( $ft^3/\text{min}$  o cfm)

Calculo del volumen del galpón

Volumen del galpón ( $m^3/ft^3$ ) = largo (m/ft.) x ancho (m/ft.) x altura promedio (m/ft.)

**Nota:** Altura promedio = altura de la pared +  $\frac{1}{2}$  altura desde el final de la pared hasta la parte más alta del techo.

Ventiladores usados

900 mm o 36 in capacidad de funcionamiento de 345  $m^3/\text{min}$  ó 12.180 cfm.  
1.200 mm o 48 in capacidad de funcionamiento de 600  $m^3/\text{min}$  ó 21.180 cfm.

### 2.1.6.1.1.3. SEGUNDA FASE DE VENTILACIÓN MÍNIMA

La segunda fase de ventilación mínima debe ser capaz de renovar el aire del galpón cada 5 minutos.

La ventilación no se controlara con timer sino que se controla de acuerdo a la temperatura. Los ventiladores deben ser de 900 mm de volumen fijo (no de velocidad variable). El número total de ventiladores que se necesitan en esta segunda fase es el siguiente:

#### **Cálculo – Segunda fase de ventilación mínima:**

Volumen del galpón = 120 m x 12 m x 4 m = 5.760  $m^3$

Capacidad de los ventiladores sin polea = 345  $m^3/\text{min}$

Cambio de aire del galpón cada 5 minutos

$5.760 m^3 \div 5 = 1.152 m^3/\text{min}$

$1.152 m^3/\text{min} \div 345 m^3/\text{min} = 3,3$  ventiladores ó 4 ventiladores (de 900 mm)

El nivel máximo de CO2 dentro del galpón de aves es de 3.000 ppm. Si el ambiente dentro del galpón sobrepasa las 3.000 ppm la tasa de ventilación debe ser aumentada.

Nota: Los ventiladores más eficientes para usar en el sistema ventilación mínima son los ventiladores sin polea de alta velocidad de 900 mm operando a una capacidad de 20.700  $m^3/\text{hora}$  ó 345  $m^3/\text{min}$  y a una presión estática de 50 Pascales. Estos ventiladores alcanzan su velocidad de funcionamiento rápidamente y logran un patrón de distribución estable al poco tiempo de haber sido encendidos.

### 2.1.6.1.2. PRESION NEGATIVA – REQUERIMIENTOS CLAVES PARA VENTILACION MINIMA

La mejor forma de lograr una correcta distribución del aire con el sistema de ventilación mínima es usando un sistema de ventilación de presión negativa. Este sistema debe dirigir el flujo de aire a la parte más alta del galpón (caballete). La caída de presión de las entradas de aire debe ajustarse para que el aire entrante alcance el punto más alto del galpón que es donde se encuentra acumulado el calor. La caída de

presión seleccionada dependerá del ancho del galpón o de la distancia que el aire tiene que viajar una vez que entra al galpón. La presión de aire correcta se logra ajustando el área de las entradas de aire con la capacidad de los ventiladores.

Un error habitual es cerrar demasiado las entradas de aire (aumentando el diferencial de presión entre el galpón y el ambiente) para ayudar a aumentar el volumen de aire que entra al galpón. Lo que ocurre es lo contrario. A medida que la presión negativa aumenta, la velocidad del aire que entra al galpón aumenta pero la presión negativa reducirá la capacidad de los ventiladores para mover la masa de aire a través del galpón. Esto ocurre especialmente al usar los ventiladores sin polea como extractores de aire.

Para efectivamente generar un sistema de presión negativa se debe crear un ambiente controlado.

El aire busca los puntos de menor resistencia y las fugas de aire producirán una incorrecta distribución del flujo de aire. El galpón debe ser tan sellado al aire como sea posible. Típicamente las fugas de aire se localizan en caballete del techo, cerca de los ventiladores, cerca de las puertas y/o cerca del suelo. Los galpones con ventiladores deben sellarse al máximo para garantizar su rendimiento. Persianas traseras a prueba de corrientes de aire deben ser instaladas para prevenir corrientes de aire en sentido opuesto. Las correas de los ventiladores deben mantenerse a una tensión adecuada para maximizar la efectividad del ventilador.

Un galpón bien sellado con las entradas de aire selladas y con un solo ventilador de 1,2 m funcionando debe alcanzar una presión estática de al menos 37,5 Pascales. Si la presión estática es menor que 25 Pascales debe ponerse especial atención a las filtraciones de aire y el galpón debe sellarse inmediatamente.

### **2.1.6.1.3. ENTRADAS DE AIRE**

Las entradas de aire deben ser controladas por presión para controlar una velocidad de aire constante a través del galpón. Las entradas de aire deben dirigir el flujo de aire hacia el punto más alto del galpón y deben cerrarse cuando los ventiladores estén apagados. Las compuertas que cierran las entradas de aire del sistema de ventilación mínima deben sellar completamente las entradas de aire al cerrarse. Cuando la compuerta se abra, el aire debe entrar solamente por encima de la compuerta y no por los lados o por la parte inferior de la misma. Las compuertas de las entradas de aire que filtren aire por abajo o por los lados dejarán que el aire frío pase directamente al piso del galpón enfriando a los pollitos y promoviendo la condensación de humedad en la cama.

En galpones que tengan las vigas del techo expuestas, las entradas de aire deben orientarse para que el aire no impacte a las vigas. Obstrucciones al flujo de aire como vigas o conductos eléctricos deben impedirse porque dificultan el flujo y dirigen parte del aire hacia el suelo del galpón.

Las compuertas de las entradas de aire deben abrirse lo suficiente como para alcanzar la presión estática y el flujo de aire requeridos. Se requiere una abertura mínima de 2,5 a 5 cm (1 a 2 in.).

Los motores que abren las compuertas de las entradas de aire deben instalarse en la parte central de la pared lateral para reducir la variabilidad en la apertura de las compuertas. Los cables que se usan para abrir las compuertas de las entradas de aire usualmente se estiran causando variabilidad en la apertura de las compuertas y una

mala distribución del aire. Barras solidas de acero de 8 mm se expanden menos que otros materiales y por lo tanto es la mejor opción para galpones largos.

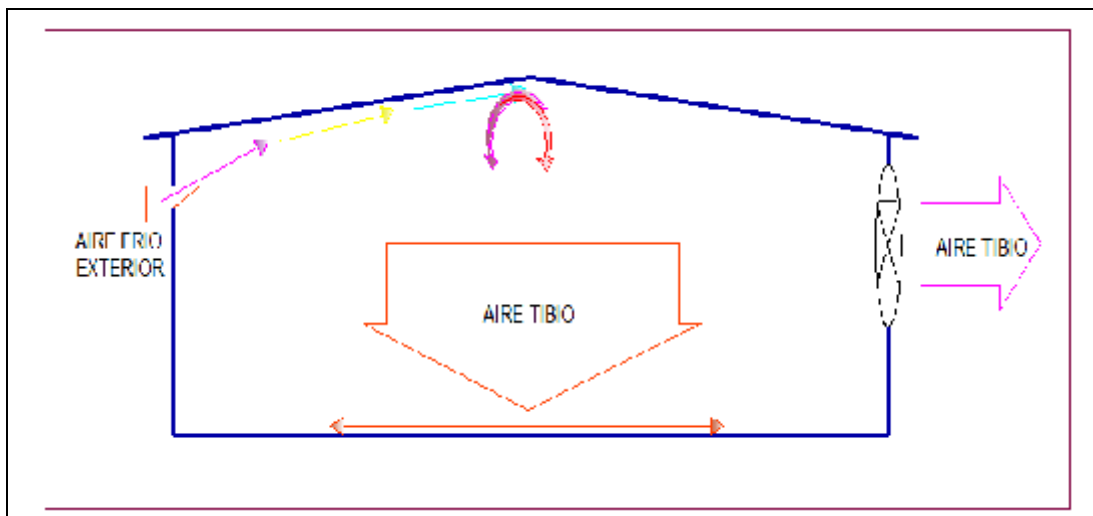
Las entradas de aire deben instalarse 60 cm (24 in.) bajo el borde del alero y con protección para el viento en la parte exterior del galpón. Los vientos prevalentes pueden causar una significativa caída de la presión negativa dentro del galpón y el aire que entre caerá al piso. La protección exterior debe ser al menos un 30% mayor que el área de la entrada de aire para brindar una buena protección contra corrientes de aire. La parte de sotavento del galpón siempre creara una presión negativa fuera del galpón. La parte de barlovento siempre creara una presión positiva fuera del galpón.

Protección contra el viento evitará que el aire caliente escape del galpón en el lado de sotavento.

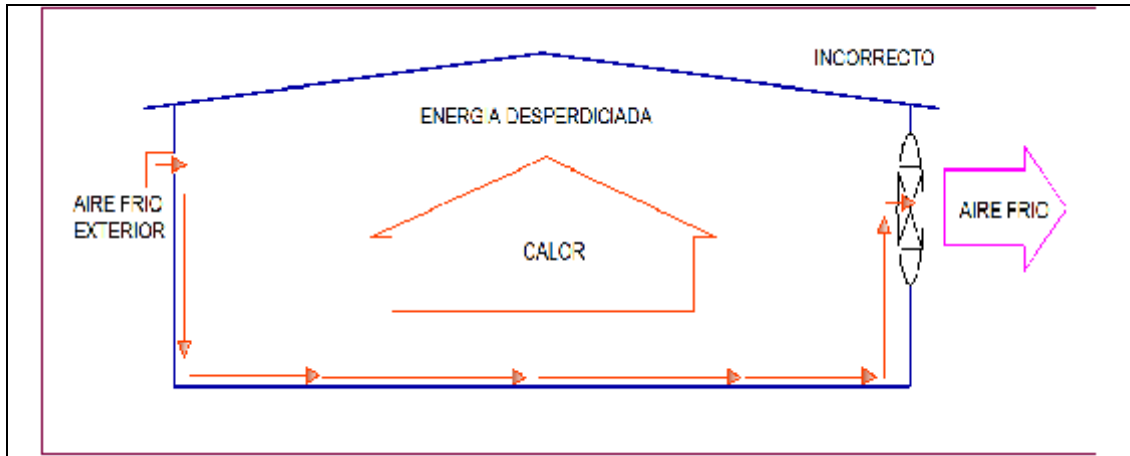
Sin una adecuada protección para el viento el sistema mecánico del sistema de presión no puede ajustar correctamente la presión (las aberturas de las entradas de aire) para lograr una velocidad de aire correcta a través de las entradas de aire que prevenga condensación de agua (en la paredes y en el piso) o efecto de viento frio a la altura de las aves.

El viento frio entrante se mezcla con el aire más tibio en el caballete del techo. El aire frio se calienta y se expande aumentando su capacidad de retener humedad y por lo tanto reduciendo su humedad relativa.

La siguiente figura ilustra la importancia de un manejo correcto de las entradas de aire.



**Figura II. 3** Flujo cruzado para ventilación mínima



**Figura II. 4** Ventilación de flujo cruzado con baja caída de presión a través de las entradas de aire

La siguiente tabla se puede usar como una guía de referencia para determinar la velocidad de aire requerida en las entradas de aire para galpones de diferente ancho. El área de las entradas de aire es dependiente de la capacidad de los ventiladores.

| Presión (Pascuales) | Área de entradas de aire por m <sup>3</sup> /hora<br>Capacidad del ventilador | Ancho del galpón (m) | Velocidad del aire m/s |
|---------------------|---|----------------------|------------------------|
| 7,5                 | 1 cm <sup>2</sup> por cada 1,05 m <sup>3</sup> /h                             | 10                   | 3,5                    |
| 10                  | 1 cm <sup>2</sup> por cada 1,20 m <sup>3</sup> /h                             | 11                   | 4,0                    |
| 12,5                | 1 cm <sup>2</sup> por cada 1,30 m <sup>3</sup> /h                             | 12                   | 4,5                    |
| 15                  | 1 cm <sup>2</sup> por cada 1,45 m <sup>3</sup> /h                             | 14                   | 5,0                    |
| 17,5                | 1 cm <sup>2</sup> por cada 1,60 m <sup>3</sup> /h                             | 15                   | 5,5                    |
| 20                  | 1 cm <sup>2</sup> por cada 1,70 m <sup>3</sup> /h                             | 18                   | 6,0                    |
| 22,5                | 1 cm <sup>2</sup> por cada 1,85 m <sup>3</sup> /h                             | 21                   | 6,5                    |
| 25                  | 1 cm <sup>2</sup> por cada 2,00 m <sup>3</sup> /h                             | 24                   | 7,0                    |

**Tabla II. IV** Velocidad de aire requerida en las entradas de aire para galpones de diferente ancho (5)

#### 2.1.6.1.4. VENTILACIÓN TRANSICIONAL

Objetivo: incrementar el intercambio de aire en el galpón sin crear altas velocidades de aire a través de las aves.

La ventilación transicional debe incluir los ventiladores utilizados para ventilación mínima y además un número de ventiladores de 1,2 m de una capacidad operacional de 10 m<sup>3</sup>/s ó 600 m<sup>3</sup>/h ó 36.000 m<sup>3</sup>/h a la caída de presión de trabajo.

Estos ventiladores funcionan conectados a un termostato.

Estos ventiladores deben tener una capacidad para asegurar el recambio de aire de todo el galpón cada 2 minutos.

Estos ventiladores utilizan compuertas para la entrada de aire distribuidas homogéneamente en ambas paredes laterales a lo largo de todo el galpón. Las

compuertas de entrada de aire funcionan mejor cuando se operan por presión negativa.

Las compuertas de las entradas de aire deben dirigir el flujo de aire hacia la parte más alta del techo para evitar el movimiento de aire frío a nivel del suelo y entre los pollitos. Con los ventiladores en un extremo del galpón y con las entradas de aire distribuidas homogéneamente en ambas paredes laterales, se puede alcanzar una velocidad máxima de aire a través de las aves que corresponde al 25% de la velocidad de aire que se genera con la ventilación de túnel funcionando a máxima capacidad.

Este sistema entrega un excelente control de la temperatura, reduce el riesgo de enfriamiento de los pollitos y es una parte valiosa de cualquier sistema de ventilación.

### **Cálculo – Ventilación transicional**

- Volumen del galpón =  $120 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 5.760 \text{ m}^3$
- Capacidad de ventiladores de polea de 1,2 m =  $600 \text{ m}^3/\text{min}$
- Cambio de aire del galpón cada 2 minutos
- $5.760 \text{ m}^3 \div 2 = 2.880 \text{ m}^3/\text{min}$
- $2.880 \text{ m}^3/\text{min} - (4 \times 345 \text{ m}^3/\text{min}) = 1.500 \text{ m}^3/\text{min}$  (menos los ventiladores de 900 mm)
- $1.500 \text{ m}^3/\text{min} \div 600 \text{ m}^3/\text{min} = 2,5$  ventiladores ó 2 ventiladores (ventiladores de 1,2 m)

### **2.1.6.1.5. VENTILACIÓN DE TÚNEL**

El sistema de ventilación de túnel se utiliza para moderar los efectos estacionales de variación de temperatura y es particularmente efectivo durante las estaciones calurosas. En el sistema de ventilación de túnel todos los ventiladores de extracción están instalados en un extremo del galpón y las entradas de aire en el extremo opuesto. Como guía general, el aire viaja a través del galpón a una velocidad de 2,5 m/s a lo largo de todo el galpón removiendo calor, humedad y polvo.

El flujo de aire genera un efecto de viento frío que puede reducir la temperatura efectiva de 5 a 7 °C. La temperatura efectiva del galpón debe mantenerse bajo los 30 °C y el cambio de aire del galpón debe ocurrir en menos de un minuto.

### **Cálculo – Ventilación de túnel**

**Paso 1.** Determinar dimensiones básicas del galpón

- Cubicaje del galpón:  $120 \text{ m (largo)} \times 12 \text{ m (ancho)} \times 4 \text{ m (altura promedio)} = 5.760 \text{ m}^3$
- Superficie seccional del galpón:  $12 \text{ m (ancho)} \times 4 \text{ m (altura promedio)} = 48 \text{ m}^2$
- Velocidad de viento requerida = 2,5 m/s
- Cambio de aire requerido: menos de 1 minuto

**Paso 2.** Capacidad de los ventiladores requerida para velocidad de aire máxima de 2,5 m/s

- Capacidad requerida de ventiladores:  $48 \text{ m}^2 \times 2,5 \text{ m/s} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$
- Numero de ventiladores de 1,2 m requeridos:  $120 \text{ m}^3/\text{s} \div 10 \text{ m}^3/\text{s} = 12$  ventiladores

**Paso 3:** ¿es la velocidad de intercambio de aire < 1 min?

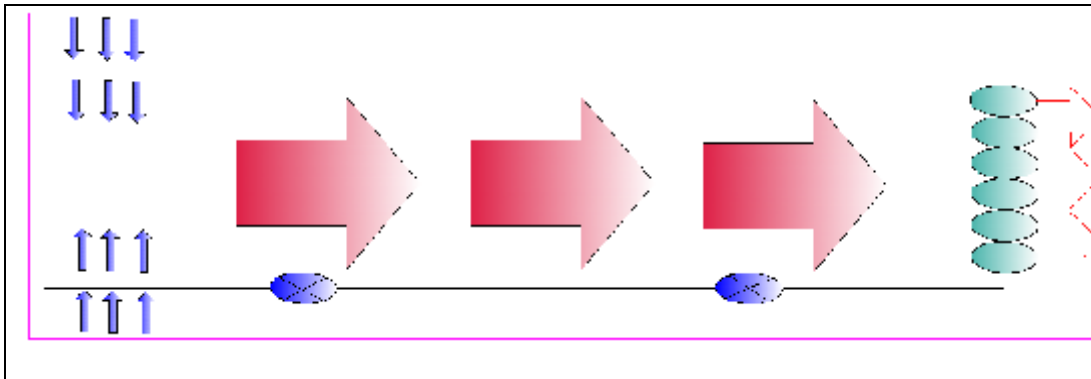
- Intercambio de aire: volumen del galpón ÷ capacidad total de los ventiladores  
$$5.760 \text{ m}^3 \div (12 \times (10 \text{ m}^3/\text{s} \times 60\text{s}))$$
$$= 5.760 \text{ m}^3 \div (12 \times 600 \text{ m}^3/\text{min})$$
$$= 0,8 \text{ min}$$

**Paso 4:** ¿es la velocidad del aire 2.5 m/s?

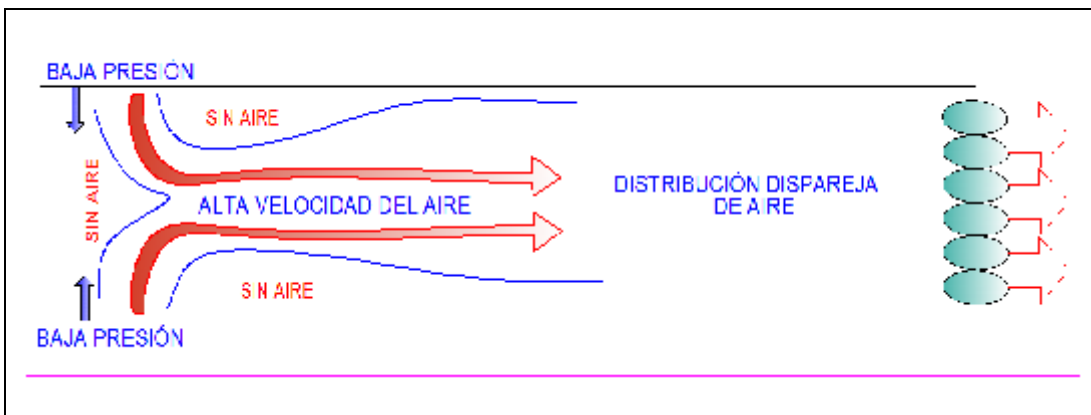
Velocidad del aire: capacidad total de los ventiladores ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) ÷ superficie seccional del galpón ( $\text{m}^2$ )

$$(13 \times 10 \text{ m}^3/\text{s}) \div 48 \text{ m}^2 = 2,71 \text{ m/s}$$

Las dos figuras siguientes ilustran la importancia de la mantención de una correcta velocidad del viento y una caída de presión negativa en la entrada de aire del túnel. Baja velocidad de aire en las entradas de aire resultará en la formación de “espacios muertos” (porciones del galpón sin ventilación).



**Figura II. 5** Ventilación de Túnel



**Figura II. 6** Velocidad de aire en las compuertas de entrada

### 2.1.6.1.6. TEMPERATURA EFECTIVA

La temperatura efectiva es el efecto combinado de los cinco factores siguientes:

- Temperatura ambiental
- Humedad relativa
- Velocidad del aire m/s
- Densidad del lote
- Emplume

Durante temperaturas elevadas la pérdida de calor asociada con enfriamiento no evaporativo, baja a medida que el diferencial de temperatura entre las aves y el ambiente se reduce. Pérdida de calor por evaporación se transforma en la forma de pérdida de calor principal durante el estrés calórico. Humedades relativas elevadas reducen la cantidad de evaporación de agua. Si la humedad relativa no se puede reducir bajo el 70% la única solución es la de mantener una velocidad de aire mínima de 2,5 m/s.

La tabla a continuación entrega una pauta de las reducciones de temperatura efectiva que son posibles a través de diferentes combinaciones de temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del aire.

**Nota:** esta tabla es para ser usada con aves de más de 28 días de edad y con plumaje completamente desarrollado.

| Temp.<br>°C | Humedad Relativa % |     |     |     | Velocidad de Aire m/s |            |            |            |          |            |
|-------------|--------------------|-----|-----|-----|-----------------------|------------|------------|------------|----------|------------|
|             | 30%                | 50% | 70% | 80% | 0<br>m/s              | 0,5<br>m/s | 1,1<br>m/s | 1,5<br>m/s | 2<br>m/s | 2,5<br>m/s |
| 35          | 32                 |     |     |     | 35                    | 31,6       | 26,1       | 23,8       | 22,7     | 22,2       |
| 35          |                    | 50  |     |     | 35                    | 32,2       | 26,6       | 24,4       | 23,3     | 22,2       |
| 35          |                    |     | 70  |     | 38,3                  | 35,5       | 30,5       | 28,8       | 26,1     | 25         |
| 35          |                    |     |     | 80  | 40                    | 37,2       | 31,1       | 30         | 27,2     | 25,2       |
| 32,2        | 32                 |     |     |     | 32,2                  | 28,8       | 25         | 22,7       | 21,6     | 20         |
| 32,2        |                    | 50  |     |     | 32,2                  | 29,4       | 25,5       | 23,8       | 22,7     | 21,1       |
| 32,2        |                    |     | 70  |     | 35                    | 32,7       | 28,8       | 27,2       | 25,5     | 23,3       |
| 32,2        |                    |     |     | 80  | 37,2                  | 35         | 30         | 27,7       | 27,2     | 26,1       |
| 29,4        | 32                 |     |     |     | 29,4                  | 26,1       | 23,8       | 22,2       | 20,5     | 19,4       |
| 29,4        |                    | 50  |     |     | 29,4                  | 26,6       | 24,4       | 22,8       | 21,1     | 20         |
| 29,4        |                    |     | 70  |     | 31,6                  | 30         | 27,2       | 25,5       | 24,4     | 23,3       |
| 29,4        |                    |     |     | 80  | 33,3                  | 31,6       | 28,8       | 26,1       | 25       | 23,8       |



|      |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |
|------|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|
| 26,6 | 32 |    |    |    | 26,6 | 23,8 | 21,6 | 20,5 | 17,7 | 17,7 |
| 26,6 |    | 50 |    |    | 26,6 | 24,4 | 22,2 | 21,1 | 18,9 | 18,3 |
| 26,6 |    |    | 70 |    | 28,3 | 26,1 | 24,4 | 23,3 | 20,5 | 19,4 |
| 26,6 |    |    |    | 80 | 29,4 | 27,2 | 25,5 | 23,8 | 21,1 | 20,5 |
| 23,9 | 32 |    |    |    | 23,8 | 22,2 | 20,5 | 19,4 | 16,6 | 16,6 |
| 23,9 |    | 50 |    |    | 23,9 | 22,8 | 21,1 | 20   | 17,7 | 16,6 |
| 23,9 |    |    | 70 |    | 25,5 | 24,4 | 23,3 | 22,2 | 20,0 | 18,8 |
| 23,9 |    |    |    | 80 | 26,1 | 25   | 23,8 | 22,7 | 20,5 | 20   |
| 21,1 | 32 |    |    |    | 21,1 | 18,9 | 17,7 | 17,2 | 16,6 | 15,5 |
| 21,1 |    | 50 |    |    | 21,1 | 18,9 | 18,3 | 17,7 | 16,6 | 16,1 |
| 21,1 |    |    | 70 |    | 23,3 | 20,5 | 19,4 | 18,8 | 18,3 | 17,2 |
| 21,1 |    |    |    | 80 | 24,4 | 21,6 | 20   | 18,8 | 18,8 | 18,3 |

**Tabla II. V** Reducciones de temperatura efectiva (5)

En temperaturas mayores a 32 °C, el efecto enfriador del viento se hace menos efectivo. La única forma de enfriar aves de 2 kilos o más que estén expuestas a temperaturas superiores a 38 °C es usando enfriamiento por evaporación.

#### **2.1.6.1.7. VENTILACIÓN NATURAL**

La ventilación natural es común en regiones templadas donde las condiciones climáticas son similares a lo requerido para la producción de aves. No se recomienda usar este sistema en regiones climáticas con amplias variaciones de temperatura.

La ventilación natural exitosa depende de la localización del galpón. Los galpones deben construirse con una orientación este – oeste para evitar calentamiento de las paredes durante la parte más calurosa del día. Las corrientes de aire prevalentes deben usarse ventajosamente. La superficie del techo debe ser reflectiva con un factor de aislación R de 20 a 25 como mínimo, hay que considerar un largo de alero suficiente.

##### **2.1.6.1.7.1. TÉCNICAS DE MANEJO EN CONDICIONES CALUROSAS**

1. Camine calmadamente y regularmente entre las aves para estimular la circulación de aire y el consumo de agua por parte de las aves.

2. Retire el alimento levantando el sistema de comederos seis horas antes del momento más caluroso del día. Esto retira una barrera potencial a la circulación de aire y reduce la generación de calor en las aves al metabolizar el alimento.

Puntos claves a considerar al instalar ventiladores en galpones con ventilación natural:

Tamaño mínimo: ventiladores sin polea de al menos 900 mm, con una capacidad de trabajo de  $5,75 \text{ m}^3/\text{s}$  ó  $345 \text{ m}^3/\text{min}$  a 50 Pascales.

Los ventiladores de 900 mm sólo succionan aire dentro de 1 m por detrás del ventilador y lo propulsa hacia adelante por 12 m. Lo máximo que un ventilador de 900 mm puede distribuir el aire lateralmente es 2,2 m. Los ventiladores deben estar al menos a 1 m sobre el nivel del piso.

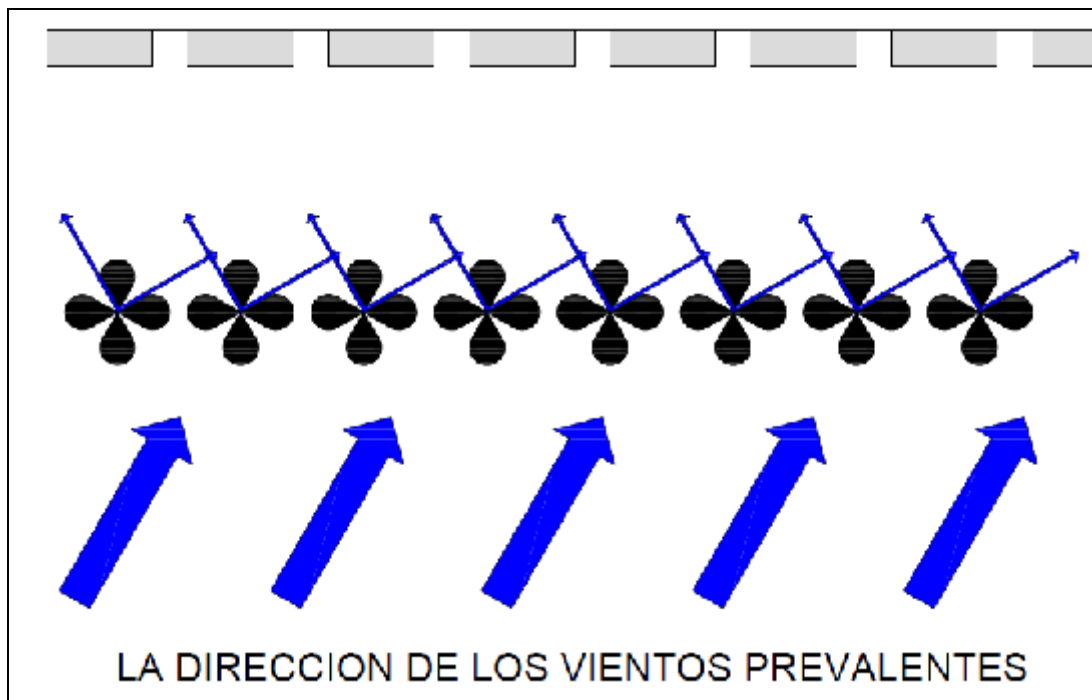
Sobre 2,2 m se forma un bolsón de aire caliente.

Los ventiladores deben estar a un ángulo de  $60^\circ$  con respecto a la pared lateral y deberían montarse a la altura de la parte sólida de la pequeña pared lateral.

Distancia máxima de la pared lateral: 1 m.

Los ventiladores deben estar colgados perpendicular al piso a 1 m del suelo.

#### 2.1.6.1.7.2. CONFIGURACIONES DE VENTILADORES COMÚNMENTE ENCONTRADAS EN GALPONES CON VENTILACIÓN NATURAL.



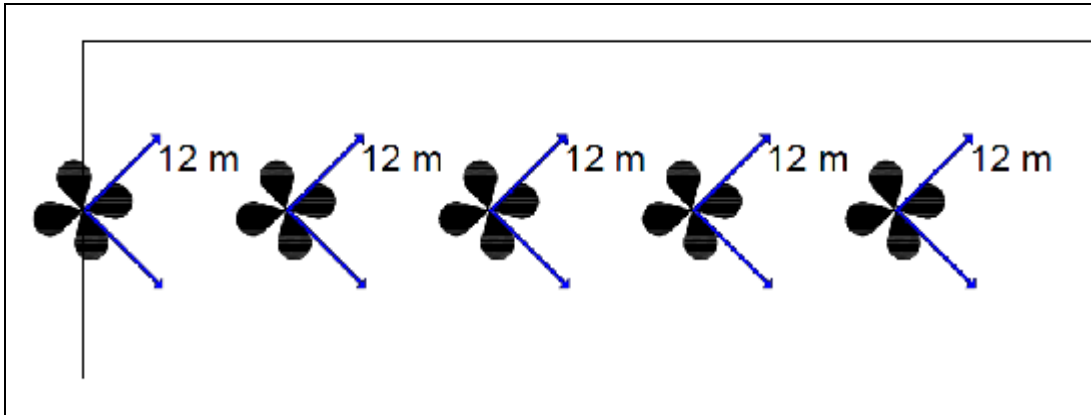
**Figura II. 7** Configuraciones de ventiladores más eficiente

Configuraciones de ventiladores más eficiente.- Ventiladores soplando aire a través del galpón a favor de la dirección de los vientos prevalentes.

Excelente recambio de aire.

Suspendidos a un ángulo de  $60^\circ$  con respecto a las paredes laterales.

Todas las aves se exponen al aire viajando a alta velocidad - cobertura completa del galpón.



**Figura II. 8** Configuraciones de ventiladores eficiente

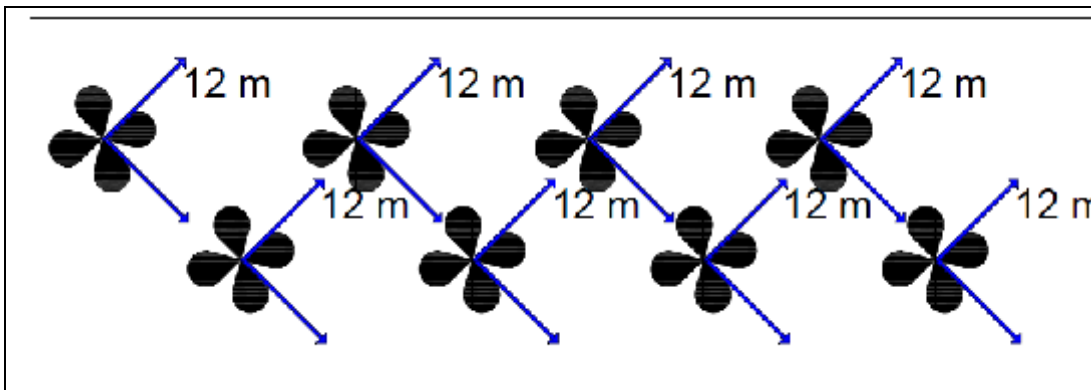
Configuraciones de ventiladores eficiente.- Ventiladores soplando aire a través del galpón.

El primer ventilador debe estar a 1 metro de la puerta frontal para asegurar un buen recambio de aire.

Con este sistema se obtiene menor intercambio de aire que con el sistema número 1.

Los ventiladores deben estar apartados 12 m (40 ft.) el uno del otro.

Todas las aves expuestas a aire viajando a alta velocidad - cobertura total del galpón.



**Figura II. 9** Configuraciones de ventiladores menos eficiente

Ventiladores colgados en forma de "zigzag".

Esta configuración se asocia con nulo intercambio de aire.

Aves expuestas a aire caliente y sin movimiento.

Muy mala cobertura de aire viajando a buena velocidad.

### 2.1.6.1.8. TÉCNICAS PARA EL MANEJO DE CORTINAS

En galpones de lados abiertos el manejo de cortinas es fundamental para tener un lote saludable a través de todo el período de producción. Un buen manejo de ventilación requiere mínimas variaciones de temperatura.

1. En diferentes secciones del galpón pueden haber variaciones de temperatura.
2. A cualquier edad de las aves la ventilación debe remover el exceso de calor, vapor de agua y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El dióxido de carbono es especialmente importante durante la primera semana en la que el galpón está más sellado. El nivel de CO<sub>2</sub> nunca debe sobrepasar las 3.000 ppm (revisar anexo 1).
3. Buen manejo de cortinas es fundamental después de los 30 a 35 días para evitar problemas respiratorios y ascitis en regiones frías.
4. Reduzca las fluctuaciones de temperatura durante períodos de 24 h especialmente durante la noche. Un buen manejo de la temperatura reducirá la conversión de alimento y estimulará la tasa de crecimiento de las aves.

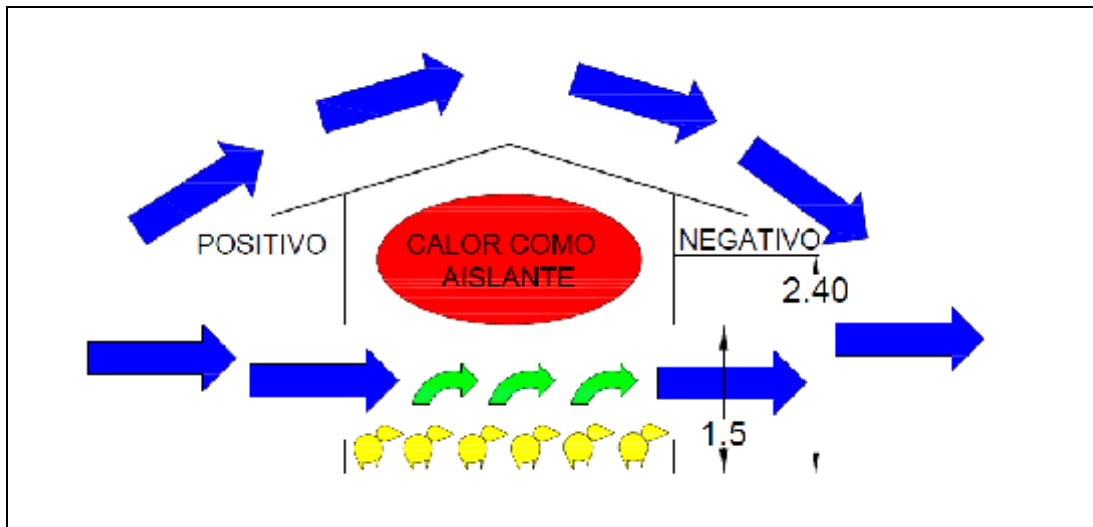


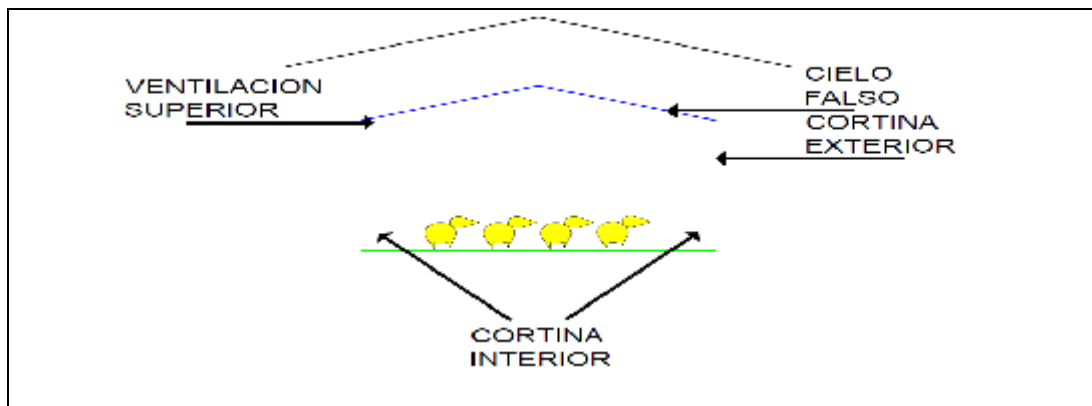
Figura II. 10 Velocidad de aire mejorada al nivel de las aves

### 2.1.6.1.9. TÉCNICAS PARA VENTILACIÓN CON CORTINAS

1. Tome en consideración la dirección del viento durante la mañana y abra las cortinas primero en el lado de sotavento.
2. Para mejorar el recambio del aire y la velocidad del aire entrando al galpón, la cortina en el lado de barlovento debe abrirse un 25% en relación a la cortina del lado de sotavento.
3. Para bajar el intercambio de aire y la para bajar la velocidad del aire entrando al galpón, la cortina de barlovento debe abrirse cuatro veces más que la cortina de sotavento.
4. Para alcanzar la máxima velocidad de aire a través de las aves las dos cortinas deben abrirse a la misma altura y tan bajo como sea posible.

5. Hasta los 14 días de edad las cortinas deben abrirse para proporcionar intercambio de aire en el galpón pero no para conseguir un aumento de la velocidad de aire a nivel de los pollitos. Aumento en la velocidad del aire durante los primeros 14 días llevara a enfriamiento de los pollitos, disminución del consumo de alimento, agua y aumento del empleo de energía para la producción del calor corporal.

En galpones deficientemente aislados se pueden reducir las fluctuaciones de temperatura construyendo una mini cámara adentro del galpón. La mini cámara se compone de un cielo falso a la altura de los aleros del galpón. EL cielo falso reduce las variaciones de temperatura y facilita el control de temperatura. De una manera similar, una cortina interior deberá instalarse dejando un metro de separación con la cortina exterior. La cortina interna debe sellar completamente desde el suelo hasta el cielo falso. Esta cortina se debe abrir desde arriba y nunca desde abajo debido a que incluso pequeñas corrientes de aire causaran el enfriamiento de los pollitos. Esta segunda cortina se puede usar para ventilación temprana.



**Figura II. 11** Cielo falso y cortinas para crianza

## 2.2. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)

### 2.2.1. INTRODUCCIÓN.

Los cambios que se están produciendo en el mundo del trabajo a partir del desarrollo de procesos de reestructuración tanto en la producción como en los servicios, demandan permanentes procesos de actualización y de capacitación de todos los actores sociales involucrados, como así también el desarrollo de nuevas tecnologías. Hoy, los sistemas informáticos, mecánicos, electrónicos y de comunicaciones (redes y protocolos) se integran entre ellos en un todo armónico y funcional, como un único complejo automático. La automatización que, en su concepto más amplio, consiste en el control y en la gestión de sistemas automáticos, accionados mediante un conjunto de técnicas y dispositivos particulares se convierte, así, en el fundamento de todos los procesos industriales avanzados y, en consecuencia, en una disciplina de base común a todas las direcciones de especialización profesional. Y, como cada cambio tecnológico modifica notablemente la imagen de estas máquinas automáticas sobre todo, por el efecto de las transformaciones en el campo electrónico, y por el avance de

las técnicas eléctricas y electrónicas de control en tecnologías tradicionales como la neumática y la hidráulica.

El Controlador Lógico Programable (PLC) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un PLC no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores, etc.) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.).

### 2.2.2. ¿QUÉ ES UN PLC?

- Es un aparato electrónico digital que utiliza una memoria programable donde almacena instrucciones para implementar funciones específicas tales como lógicas, secuencias, temporizaciones, conteos y operaciones aritméticas para controlar máquinas y procesos. Una aplicación corriendo en un PLC puede ser interpretada como un tablero electromecánico convencional con una cantidad de relés, temporizadores y contadores en su interior, solo que ahora estos elementos serán simulados.
- Un PLC es una máquina electrónica programable diseñada para ser utilizada en un entorno industrial (hostil), que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencias, temporizaciones, recuentos y funciones aritméticas, con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos.

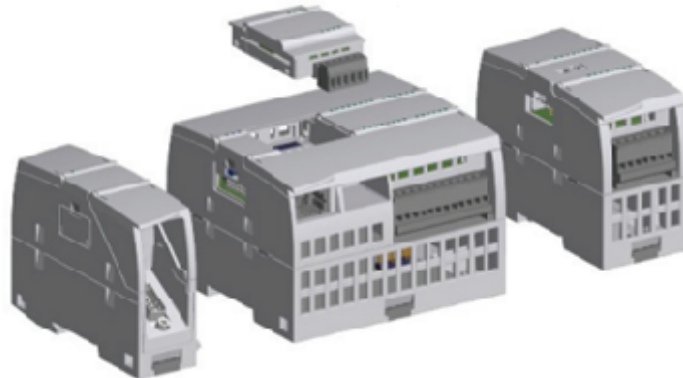


Figura II. 12 PLC (6).

### 2.2.3. ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE UN PLC

Puesto que un PLC es un equipo electrónico complejo, montado en tarjetas específicas que controlan áreas o bloques, realizando distintas funciones que, unidas convenientemente, dan como resultado a los PLC.

A continuación veremos a los PLCs en su parte física o hardware, no sólo en su configuración externa, sino también, fundamentalmente en su parte interna.

### 2.2.3.1. ESTRUCTURA EXTERNA

El término estructura externa o configuración externa de un PLC se refiere a su aspecto físico exterior, a los bloques o elementos en que está dividido. Desde su nacimiento y hasta nuestros días, han sido varias las estructuras y configuraciones que han salido al mercado, condicionadas no sólo por el fabricante sino por la tendencia existente en el área a la que pertenece el producto: europea o norteamericana. Actualmente, son dos las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta.
- Estructura modular.

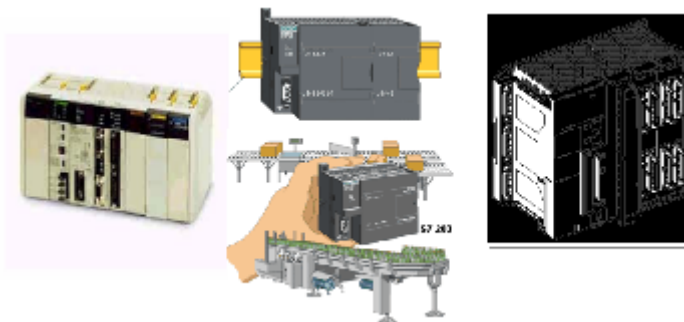
#### 2.2.3.1.1. ESTRUCTURA COMPACTA

Este tipo de PLC se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos; esto es: fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc. En cuanto a su unidad de programación, existen tres versiones:

- Unidad fija o enchufable directamente en el PLC,
- Enchufable mediante cable y conector, o
- La posibilidad de ambas conexiones.

Si la unidad de programación es sustituida por una PC, nos encontraremos con que la posibilidad de conexión es mediante cable y conector. El montaje del PLC al armario que ha de contenerlo se realiza por cualquiera de los sistemas conocidos: riel DIN, placa perforada, etc.

La estructura americana. Se caracteriza por separar las E/S del resto del PLC, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación, y separadamente las unidades de E/S en los bloques o tarjetas necesarias.



**Figura II. 13 PLC Estructura Compacta (6).**

### 2.2.3.1.2. ESTRUCTURA MODULAR O EUROPEA

Su característica principal es la de que existe un módulo para cada función: fuente de alimentación, CPU, entradas/salidas, etc. La unidad de programación se une mediante cable y conector. La sujeción se hace bien sobre carril DIN o placa perforada, bien sobre rack, en donde va alojado el bus externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

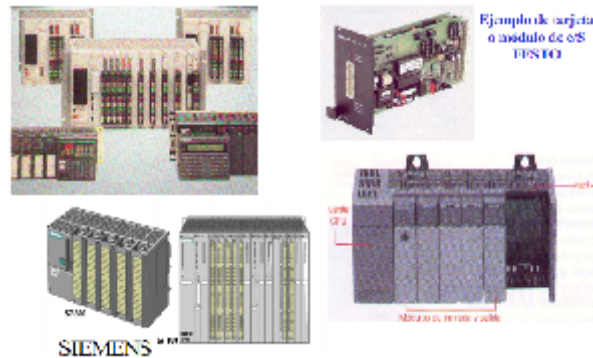


Figura II. 14 PLC Estructura Modular (6)

### 2.2.3.2. ESTRUCTURA INTERNA

En este apartado vamos a estudiar la estructura interna del PLC, o sea, las partes en que se ordena su conjunto físico o hardware, y las funciones y funcionamiento de cada una de ellas.

Los PLC se componen esencialmente de tres bloques:

- La sección de entradas,
- La unidad central de procesos CPU,
- La sección de salidas.

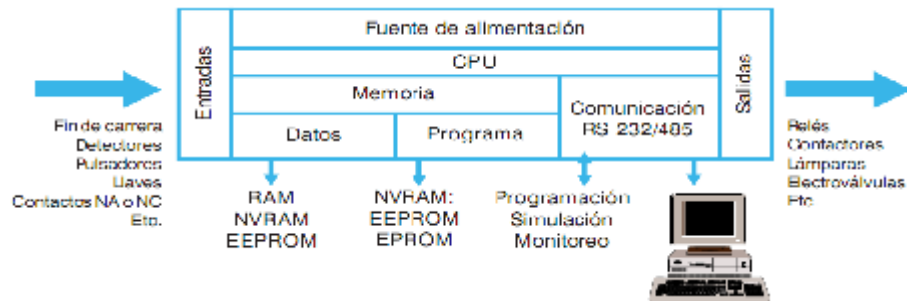


Figura II. 15 PLC Estructura Interna (6)

#### 2.2.3.2.1. LA SECCIÓN DE ENTRADAS

Mediante el interfaz, adapta y codifica de forma comprensible por la CPU, las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores esto es, pulsadores, finales



de carrera, sensores, etc. También tiene una misión de protección de los circuitos electrónicos internos del PLC, realizando una separación eléctrica entre éstos y los captadores.

En los PLC compactos, las entradas y salidas –E/S– están situadas en un solo bloque, junto con el resto del PLC. En los modulares, las E/S son módulos o tarjetas independientes, con varias E/S, que se acoplan al bus de datos por medio de su conductor y conector correspondiente, o bien a un bastidor o rack, que le proporciona dicha conexión al bus y su soporte mecánico.

Las funciones principales son el adaptar las tensiones e intensidades de trabajo de los captadores y actuadores a las de trabajo de los circuitos electrónicos del PLC; realizar una separación eléctrica entre los circuitos lógicos de los de potencia generalmente, a través de opto acopladores y proporcionar el medio de identificación de los captadores y actuadores ante el procesador.

Las entradas son fácilmente identificables, ya que se caracterizan físicamente por sus bornes para acoplar los dispositivos de entrada o captadores, por su numeración, y por su identificación input o entrada.

Llevar, además, una indicación luminosa de activado, por medio de un diodo LED. En cuanto a su tensión, las entradas pueden ser de tres tipos:

- Libres de tensión,
- Corriente continua,
- Corriente alterna.

En cuanto al tipo de señal que reciben, éstas pueden ser:

- Analógicas y
- Digitales.

#### **2.2.3.2.1.1. ANALÓGICAS**

Cuando la magnitud que se acopla a la entrada corresponde a una medida de, por ejemplo, presión, temperatura, velocidad, etc., esto es, analógica, es necesario disponer de este tipo de módulo de entrada. Su principio de funcionamiento se basa en la conversión de la señal analógica a código binario mediante un convertidor analógico/digital

#### **2.2.3.2.1.2. DIGITALES**

Son las más utilizadas y corresponden a una señal de entrada todo o nada; esto es, a un nivel de tensión o a su ausencia. Ejemplo de elementos de este tipo son los finales de carrera, interruptores, pulsadores, etc.

#### **2.2.3.2.2. LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESOS CPU, (CENTRAL PROCESSING UNIT)**

Es, por decirlo así, la inteligencia del sistema ya que, mediante la interpretación de las instrucciones del programa de usuario y, en función de los valores de las entradas, activa las salidas deseadas.

La CPU está constituida por los elementos siguientes: memoria, procesador y circuitos auxiliares asociados.

#### 2.2.3.2.2.1. MEMORIAS

En nuestro caso, nos referiremos a las memorias que utilizan como soporte elementos semiconductores, no todas las memorias son iguales; se distinguen dos tipos fundamentales de memorias fabricadas con semiconductores:

- **Memoria RAM (Random Access Memory).** Memoria de acceso aleatorio o memoria de lectura/escritura. En este tipo de memoria se pueden realizar los procesos de lectura y escritura por procedimiento eléctrico; pero, su información desaparece al faltarle la tensión.
- **Memoria ROM (Read Only Memory).** - Memoria de sólo lectura, esta memoria permite leer su contenido pero no escribir en ella. Los datos e instrucciones son grabados por el fabricante; el usuario no puede alterar su contenido. Aquí la información se mantiene ante la falta de tensión.

Éstas no son todas las memorias disponibles. Existen otros tipos cuyas diferencias están marcadas por sus sistemas de programarlas, su borrado, y su volatilidad o permanencia de la información:

- **Memorias EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) y EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory).** Independientemente de otras aplicaciones algunas ya mencionadas en los párrafos anteriores, estos tipos de memoria tienen gran aplicación como memorias de copia para grabación y archivo de programas de usuario.
- **Memoria del usuario.** Normalmente, el programa de usuario se graba en memoria RAM, ya que no sólo ha de ser leído por el microprocesador, sino que ha de poder ser variado cuando el usuario lo desee, utilizando la unidad de programación. En algunos PLC, la memoria RAM se auxilia de una memoria sombra del tipo EEPROM. La desconexión de la alimentación o un fallo borraría esta memoria, ya que al ser la RAM una memoria volátil, necesita estar constantemente alimentada y es por ello que los PLC que la utilizan llevan incorporada una batería tampón que impide su borrado.
- **Memoria de datos.** La memoria de esta área también es del tipo RAM o NVRAM. En ella se encuentran, por un lado, la imagen de los estados de las entradas y salidas, y, por otro, los datos numéricos y variables internas, como contadores, temporizadores, marcas, etc.
- **Memoria de programa.** Esta memoria que, junto con el procesador, compone la CPU, se encuentra dividida en dos áreas: la llamada memoria del sistema, que utiliza memoria RAM, y la que corresponde al programa del sistema o

firmware, que es un programa fijo grabado por el fabricante y, por tanto, utiliza el tipo de memoria ROM. En algunos PLC se utiliza únicamente la EPROM, de tal forma que se puede modificar el programa memoria del sistema.

#### **2.2.3.2.2.2. PROCESADOR**

El procesador se monta sobre una placa de circuito impreso; en ella y, junto al chip se sitúan todos aquellos circuitos integrados que lo componen, principalmente memorias ROM del sistema o firmware.

En algunos tipos de PLC también se sitúan aquí los chips de comunicación con periféricos o de interconexión con el sistema de entradas salidas. Está constituido por el microprocesador, el generador de impulsos de onda cuadrada o reloj, y algún chip auxiliar.

El microprocesador es un circuito integrado a gran escala de integración que realiza una gran cantidad de operaciones, que podemos agrupar en:

- Operaciones de tipo lógico.
- Operaciones de tipo aritmético.
- Operaciones de control de la transferencia de la información dentro del PLC.

#### **2.2.3.2.2.3. CIRCUITOS AUXILIARES ASOCIADOS**

Los circuitos internos pueden ser de tres tipos:

- **Circuitos de la unidad aritmética y lógica ALU.** Es la parte del microprocesador donde se realizan los cálculos y las decisiones lógicas para controlar al PLC.
- **Circuitos de la unidad de control UC.** Organiza todas las tareas del microprocesador. Así, por ejemplo, cuando una instrucción del programa codificada en código máquina (ceros y unos) llega al microprocesador, la UC sabe, mediante una pequeña memoria ROM que incluye, qué secuencia de señales tiene que emitir para que se ejecute la instrucción.
- **Registros.** Los registros del microprocesador son memorias en las que se almacenan temporalmente datos, instrucciones o direcciones, mientras necesitan ser utilizados por el microprocesador.  
Los registros más importantes de un microprocesador son los de instrucciones, datos, direcciones, acumulador, contador de programa, de trabajo, y el de bandera o de estado.

Los buses no son circuitos en sí, sino zonas conductoras en paralelo que transmiten datos, direcciones, instrucciones y señales de control entre las diferentes partes del microprocesador o microcontrolador. Se puede hacer una diferencia entre buses internos y externos:

- Los internos unen entre sí las diferentes partes del microprocesador;
- Los externos son pistas de circuito impreso que unen chips independientes.

Los buses internos y externos son continuación unos de los otros.

### **2.2.3.2.3. LA SECCIÓN DE SALIDAS.**

Mediante el interfaz, trabaja de forma inversa a la de entradas; es decir, decodifica las señales procedentes de la CPU, las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida o actuadores lámparas, relés, contactores, arrancadores, electroválvulas, etc. Aquí también existen interfaces de adaptación a las salidas y de protección de circuitos internos.

La identificación de las salidas se realiza con la indicación de output o salida. Es en las salidas donde se conectan o acoplan los dispositivos de salida o actuadores. Incluye un indicador luminoso LED de activado. Tres son los tipos de salidas que se pueden dar:

- A relé,
- A transistor,
- A triac.

Mientras que la salida a transistor se utiliza cuando los actuadores son a CC, las de relés y triacs suelen utilizarse para actuadores a AC.

En cuanto a las intensidades que soportan cada una de las salidas, éstas son variables; pero, suelen oscilar entre 0,5 y 2 A. Al igual que en las entradas, las salidas pueden ser analógicas y digitales si bien estas últimas son las más utilizadas. En las analógicas es necesario un convertidor digital analógico que realice la función inversa a la de la entrada.

Con las partes descritas, ya contamos con un PLC. Pero, para que éste sea operativo, son necesarios otros elementos tales como la unidad de alimentación, y la unidad o consola de programación si no se programa desde la PC.

## 2.2.4. ARQUITECTURA DEL PLC

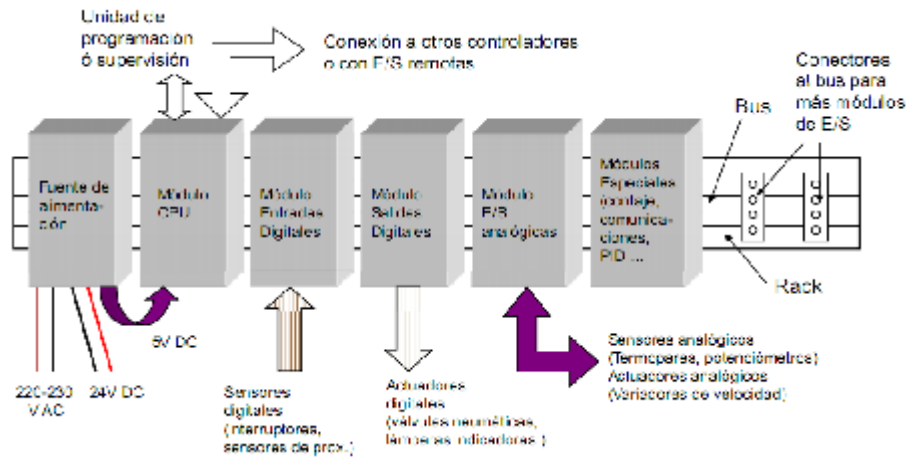


Figura II. 16 PLC Arquitectura (6).

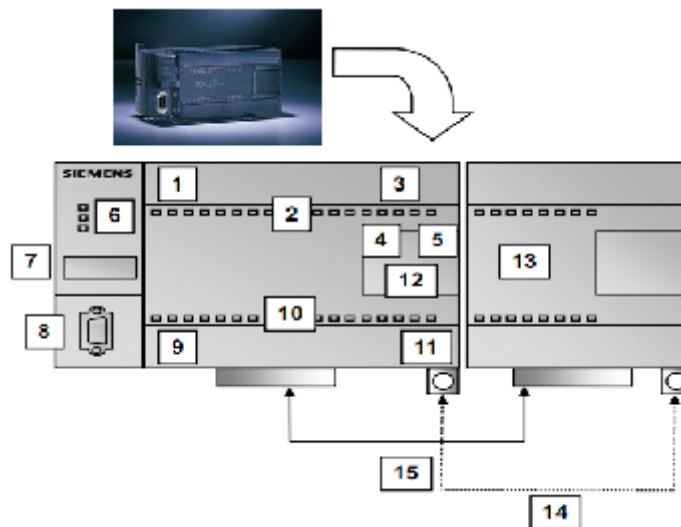


Figura II. 17 PLC Arquitectura (6).

1. Salidas digitales integradas
2. LEDs de estado de las salidas digitales
3. Terminales de alimentación
4. Conmutador Stop/Run
5. Conector para el cable de ampliación
6. LEDs de estado de la CPU
7. Ranura para el cartucho de memoria
8. Puerto de comunicaciones (p. Ej. PPI)
9. Entradas digitales integradas
10. LEDs de estado de las entradas digitales

11. Fuente de alimentación integrada
12. Potenciómetros integrados
13. Módulo de ampliación
14. Fijadores para tornillo (DIN métrica M4, diámetro 5 mm)
15. Pestaña de fijación

### **2.2.5. TIPOS DE PLC**

En la actualidad encontramos una gran variedad de PLCs, pero todos caen en alguna de las clasificaciones siguientes:

#### **2.2.5.1. DE ACUERDO A SU CONFORMACIÓN EXTERNA PUEDEN SER:**

##### **2.2.5.1.1. COMPACTOS**

Si todos los elementos del PLC se encuentran en un bloque encerrados en un gabinete.

##### **2.2.5.1.2. MODULARES**

- **Estructura Americana:** Separa las E/S del resto del autómata.
- **Estructura Europea:** Cada módulo es una función (Fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).

En la actualidad también encontramos los microPLCs que suelen venir sin gabinete, en formato kit, ya que su uso no es muy determinado y se suele incluir dentro de un conjunto más grande de control o dentro de la misma maquinaria que se debe controlar.

#### **2.2.5.2. DE ACUERDO A SU NÚMERO DE ENTRADAS Y SALIDAS PUEDE SER:**

##### **2.2.5.2.1. DE GAMA BAJA**

Si el número de E/S es menor de 256

##### **2.2.5.2.2. DE GAMA MEDIA**

Si el número de E/S es menor de 256 pero no mayor de 1024.

##### **2.2.5.2.3. DE GAMA ALTA**

Si el número de E/S es mayor a 1024.

## 2.2.6. PLC SIEMENS S7-1200

### 2.2.6.1. DESCRIPCIÓN SIEMENS S7-1200

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET.

Para garantizar seguridad en la aplicación, todas las CPUs S7-1200 disponen de protección por contraseña, que permite configurar el acceso a sus funciones.

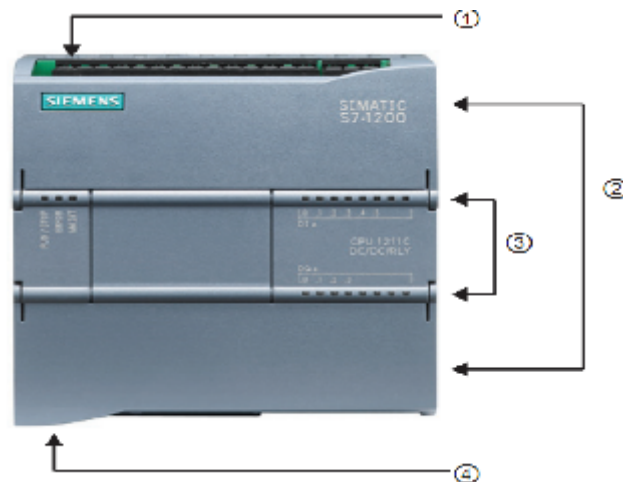


Figura II. 18 SIEMENS S7-1200 (6).

1. Conector de corriente
2. Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
3. LEDs de estado para las E/S integradas
4. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones.

| Función  | CPU 1211C  | CPU 1212C                   | CPU 1214C                   |
|--|--|-----------------------------|-----------------------------|
| Dimensiones físicas (mm)   | 20 x 100 x 75  |                             | 110 x 100 x 75              |
| Memoria de usuario   |  |                             |                             |
| • Memoria de trabajo   | • 25 KB  |                             | • 80 KB                     |
| • Memoria de carga   | • 1 MB   |                             | • 2 MB                      |
| • Memoria remanente  | • 2 KB   |                             | • 2 KB                      |
| E/S integradas locales   |  |                             |                             |
| - Digitales  | - 8 entradas/4 salidas                                     | - 8 entradas/8 salidas      | - 14 entradas/10 salidas    |
| • Analógicas   | • 2 entradas   | • 2 entradas                | • 2 entradas                |
| Tamaño de la memoria imagen de proceso                             | 1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q) |                             |                             |
| Área de marcas (M)   | 4096 bytes   |                             | 8192 bytes                  |
| Ampliación con módulos de señales                                  | Ninguna  | 2                           | 8                           |
| Signal Board   | 1  |                             |                             |
| Módulos de comunicación  | 2 (ampliación en el lado izquierdo)                        |                             |                             |
| Contadores rápidos   | 3  | 4                           | 6                           |
| • Fase simple  | • 3 a 100 kHz  | • 3 a 100 kHz<br>1 a 20 kHz | • 3 a 100 kHz<br>3 a 20 kHz |
| • Fase en cuadratura   | • 3 a 80 kHz   | • 3 a 80 kHz<br>1 a 20 kHz  | • 3 a 80 kHz<br>3 a 20 kHz  |
| Salidas de impulsos  | 2  |                             |                             |
| Memory Card  | SIMATIC Memory Card (opcional)                             |                             |                             |
| Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real                        | Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C                   |                             |                             |
| PROFINET   | 1 puerto de comunicación Ethernet                          |                             |                             |
| Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales | 16 us/instrucción  |                             |                             |
| Velocidad de ejecución booleana                                    | 0,1 us/instrucción   |                             |                             |

Tabla II. VI Funciones del PLC SIEMENS S71200 (6).

### 2.2.6.2. MÓDULOS DE SEÑALES Y DE COMUNICACIÓN

La gama S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales (Signal Boards) que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación.

| Módulo                      |           | Sólo entradas                                  | Sólo salidas                                 | Entradas y salidas  |
|-----------------------------|-----------|--|--|---|
| Módulo de señales (SM)      | Digital   | 8 entradas DC                                  | 8 salidas DC<br>8 salidas de relé            | 8 entradas DC/8 salidas DC<br>8 entradas DC/8 salidas de relé     |
|                             |           | 16 entradas DC                                 | 16 salidas DC<br>16 salidas de relé          | 16 entradas DC/16 salidas DC<br>16 entradas DC/16 salidas de relé |
|                             | Analógico | 4 entradas analógicas<br>8 entradas analógicas | 2 salidas analógicas<br>4 salidas analógicas | 4 entradas analógicas/2 salidas analógicas                        |
| Signal Board (SB)           | Digital   | -  | -  | 2 entradas DC/2 salidas DC  |
|                             | Analógico | -  | 1 salida analógica                           | -   |
| Módulo de comunicación (CM) |           |  |  |   |
| • RS485                     |           |  |  |   |
| • RS232                     |           |  |  |   |

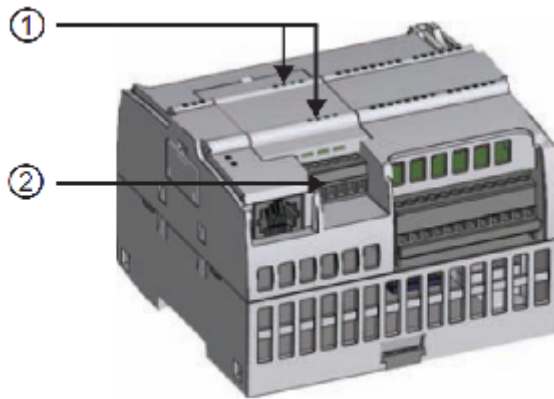
Tabla II. VII E/S DE PLC S71200 (6).



### 2.2.6.2.1. SIGNAL BOARDS

Una Signal Board (SB) permite agregar E/S a la CPU. Es posible agregar una SB con E/S digitales o analógicas. Una SB se conecta en el frente de la CPU.

- SB con 4 E/S digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC)
- SB con 1 entrada analógica

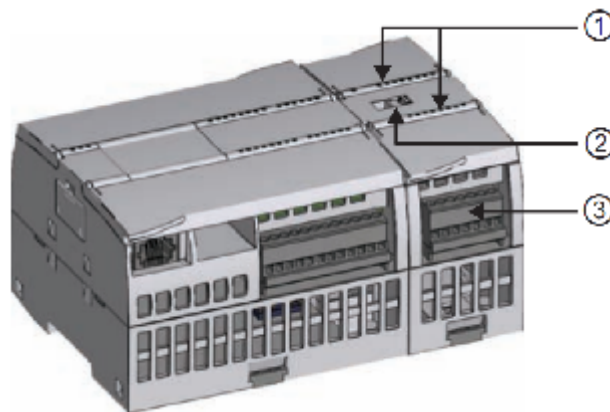


**Figura II. 19 SIEMENS S7-1200 SIGNAL BOARDS (6).**

1. LEDs de estado en la SB
2. Conector extraíble para el cableado de usuario

### 2.2.6.2.2. MÓDULOS DE SEÑALES

Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU.



**Figura II. 20 SIEMENS S7-1200 MÓDULOS DE SEÑALES (6).**

1. LEDs de estado para las E/S del módulo de señales
2. Conector de bus

3. Conector extraíble para el cableado de usuario

### 2.2.6.2.3. MÓDULOS DE COMUNICACIÓN.

La gama S7-1200 provee módulos de comunicación (CMs) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación, a saber: RS232 y RS485.

- La CPU soporta como máximo 3 módulos de comunicación
- Todo CM se conecta en lado izquierdo de la CPU (o en lado izquierdo de otro CM).



**Figura II. 21 SIEMENS S7-1200 MÓDULOS DE COMUNICACIÓN (6).**

1. LEDs de estado del módulo de comunicación
2. Conector de comunicación

## 2.2.7. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE PLCs

### 2.2.7.1. PROGRAMA Y LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Se puede definir un programa como un conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación, que le permiten ejecutar una secuencia de control deseada. El Lenguaje de Programación en cambio, permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida.

Al igual como los PLCs se han desarrollado y expandido, los lenguajes de programación también se han desarrollado con ellos. Los lenguajes de hoy en día tienen nuevas y más versátiles instrucciones y con mayor poder de computación. Por ejemplo, los PLCs pueden transferir bloques de datos de una localización de memoria a otra, mientras al mismo tiempo llevan cabo operaciones lógicas y matemáticas en otro bloque. Como resultado de estas nuevas y expandidas instrucciones, los programas de control pueden ahora manejar datos más fácilmente.

Adicionalmente a las nuevas instrucciones de programación, el desarrollo de nuevos módulos de entradas y salidas también ha obligado a cambiar las instrucciones existentes.

### **2.2.7.2. PROGRAMAS DE APLICACIÓN Y DEL SISTEMA**

Los programas de aplicación que crean los usuarios están orientados a ejecutar, a través del controlador, tareas de automatización y control. Para ello, el usuario escribe el programa en el lenguaje de programación que mejor se adapte a su trabajo y con el que sienta poseer un mejor dominio. En este punto es importante señalar, que algunos fabricantes no ofrecen todas las formas de representación de lenguajes de programación, por lo que el usuario deberá adaptarse a la representación disponible

Por otro lado, el conjunto de programas que realizan funciones operativas internas del controlador, incluyendo los traductores de lenguaje, reciben la denominación de programas del sistema o software del sistema. Un elemento importante de éste, es el sistema operativo, cuyos servicios incluyen el manejo de los dispositivos de entrada y salida del PLC, el almacenamiento de la información durante largos períodos, el procesamiento de los programas del usuario, etc. Estos programas ya vienen escritos y están almacenados en una memoria No volátil dentro de la CPU, por lo tanto no se pierden ni alteran en caso de pérdida de alimentación al equipo. El usuario No tiene acceso a ellos.

### **2.2.7.3. TIPOS DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE PLCS**

En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad comparable con la cantidad de PLCs que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como los más difundidos a nivel mundial; estos son:

- Lenguaje de contactos o Ladder
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- Diagrama de funciones

Es obvio, que la gran diversidad de lenguajes de programación da lugar a que cada fabricante tenga su propia representación, originando cierta incomodidad al usuario cuando programa más de un PLC.

### **2.2.7.4. LA NORMA IEC 1131-3**

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131, en un esfuerzo para estandarizar los Controladores Programables. Uno de los objetivos del Comité fue crear un conjunto común de instrucciones que podría ser usado en todos los PLCs. Aunque el estándar 1131 alcanzó el estado de estándar internacional en agosto de 1992, el esfuerzo para crear un PLC estándar global ha sido una tarea muy difícil debido a la diversidad de fabricantes de PLCs y a los problemas de incompatibilidad de programas entre marcas de PLCs.

El estándar IEC 1131 para controladores programables consiste de cinco partes, una de las cuales hace referencia a los lenguajes de programación y es referida como la IEC 1131-3.

El estándar IEC 1131-3 define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto, para la programación de PLCs. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

#### 2.2.7.4.1. LENGUAJES GRÁFICOS

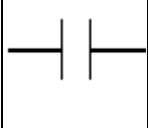
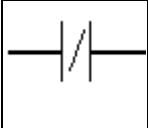
- Diagrama Ladder (LD)
- Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)

##### 2.2.7.4.1.1. LENGUAJE LADDER

El LADDER, también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

##### a) Elementos de programación

Para programar un PLC con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. En la siguiente tabla podemos observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.

| Símbolo   | Nombre      | Descripción   |
|---|-------------|---|
|  | Contacto NA | Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema. |
|  | Contacto NC | Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.         |

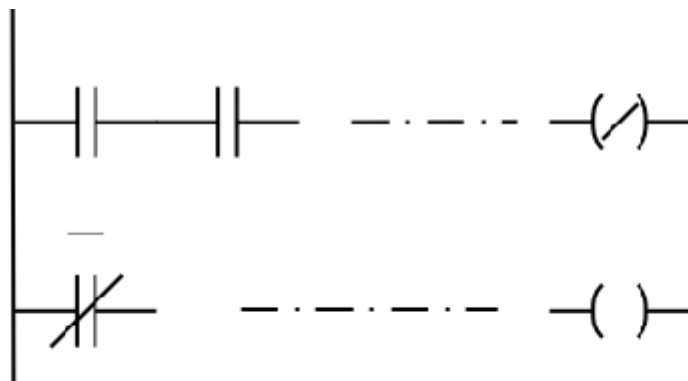
|  |                 |  |
|--|-----------------|--|
|  | Bobina<br>NA    | Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna. |
|  | Bobina<br>NC    | Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.                                       |
|  | Bobina<br>SET   | Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bobina RESET dan una enorme potencia en la programación.                   |
|  | Bobina<br>RESET | Permite desactivar una bobina SET previamente activada.  |

**Figura II. 22 Elementos de Programación (6).**

b) Programación

Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

El siguiente esquema representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.



**Figura II. 23 Diagrama Escalera**

En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico.

El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se

conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que primero se introduce.

c) Variables internas y bits de sistema

Las variables internas son bits auxiliares que pueden ser usados según convenga, sin necesidad de que representen ningún elemento del autómata. Se suele indicar mediante los caracteres B ó M y tienen tanto bobinas como contactos asociados a las mismas. Su número de identificación suele oscilar, en general, entre 0 y 255. Su utilidad fundamental es la de almacenar información intermedia para simplificar esquemas y programación.

Los bits de sistema son contactos que el propio autómata activa cuando conviene o cuando se dan unas circunstancias determinadas. Existe una gran variedad, siendo los más importantes los de arranque y los de reloj, que permiten que empiece la ejecución desde un sitio en concreto y formar una base de tiempos respectivamente. Su nomenclatura es muy diversa, dependiendo siempre del tipo de autómata y fabricante

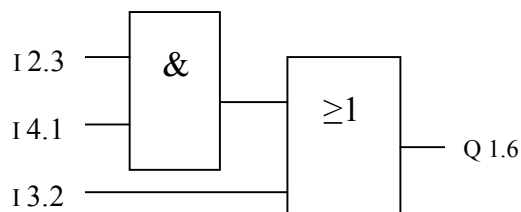
#### 2.2.7.4.1.2. DIAGRAMA DE FUNCIONES (FBD)

Es un lenguaje gráfico que permite al usuario programar elementos (bloque de funciones del PLC) en tal forma que ellos aparecen interconectados al igual que un circuito eléctrico. Generalmente utilizan símbolos lógicos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida, porque la salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque.

El diagrama de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

Adicionalmente a las funciones lógicas estándares y específicas del vendedor, el lenguaje FBD de la Norma IEC 1131-3 permite al usuario construir sus propios bloques de funciones, de acuerdo a los requerimientos del programa de control.

Ejemplo de programación mediante diagrama de funciones:



**Figura II. 24** Diagrama de Funciones.

#### 2.2.7.4.2. LENGUAJES TEXTUALES

- Lista de Instrucciones (IL)
- Texto Estructurado (ST)

##### 2.2.7.4.2.1. LENGUAJE DE TEXTO ESTRUCTURADO (ST)

Texto estructurado (ST) es un lenguaje de alto nivel que permite la programación estructurada, lo que significa que muchas tareas complejas pueden ser divididas en unidades más pequeñas. ST se parece mucho a los lenguajes de computadoras BASIC o PASCAL, que usa subrutinas para llevar a cabo diferentes partes de las funciones de control y paso de parámetros y valores entre las diferentes secciones del programa.

Al igual que LD, FBD e IL, el lenguaje de texto estructurado utiliza la definición de variables para identificar entradas y salidas de dispositivos de campo y cualquier otra variable creada internamente.

Incluye estructuras de cálculo repetitivo y condicional, tales como: FOR... TO; REPEAT..... UNTIL X; WHILE X...; IF... THEN...ELSE. Además soporta operaciones Booleanas (AND, OR, etc.) y una variedad de datos específicos, tales como fecha, hora.

La programación en Texto Estructurado es apropiada para aplicaciones que involucran manipulación de datos, ordenamiento computacional y aplicaciones matemáticas que utilizan valores de punto flotante. ST es el mejor lenguaje para la implementación de aplicaciones de inteligencia artificial, lógica difusa, toma de decisiones, etc.

##### Ejemplo:

```
IF Manual AND Alarm THEN
    Level = Manual_Level;
    Mixer = Start AND NOT Reset
ELSE IF    Other_Mode THEN
    Level = Max_level;
ELSE      Level = (Level_Indic X100)/Scale;
END IF;
```

##### 2.2.7.4.2.2. LENGUAJE BOOLEANO (Lista de Instrucciones IL)

El lenguaje Booleano utiliza la sintaxis del Álgebra de Boole para ingresar y explicar la lógica de control. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos, haciendo uso de operadores Booleanos (AND, OR, NOT, etc.) y otras instrucciones nemónicas, para implementar el circuito de control. El lenguaje "Lista de Instrucciones" (IL) de la Norma IEC 1131-3, es una forma de lenguaje Booleano.

Ejemplo de programación Booleana:

|   |   |     |
|---|---|-----|
| A | I | 2.3 |
| A | I | 4.1 |
| O | I | 3.2 |
| = | Q | 1.6 |

Adicionalmente, el estándar IEC 1131-3 incluye una forma de programación orientada a objetos llamada **Sequential Function Chart (SFC)**. SFC es a menudo categorizado

como un lenguaje IEC 1131-3, pero éste es realmente una estructura organizacional que coordina los cuatro lenguajes estándares de programación (LD, FBD, IL y ST). La estructura del SFC tuvo sus raíces en el primer estándar francés de **Grafcet** (IEC 848).

### 2.2.7.4.3. SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC)

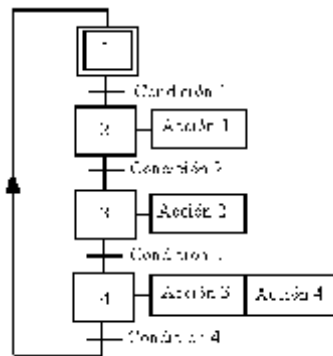
Es un "lenguaje" gráfico que provee una representación diagramática de secuencias de control en un programa. Básicamente, SFC es similar a un diagrama de flujo, en el que se puede organizar los subprogramas o subrutinas (programadas en LD, FBD, IL y/o ST) que forman el programa de control. SFC es particularmente útil para operaciones de control secuencial, donde un programa fluye de un punto a otro una vez que una condición ha sido satisfecha (cierta o falsa).

El marco de programación de SFC contiene tres principales elementos que organizan el programa de control:

- Pasos (etapas)
- Transiciones (condiciones)
- Acciones

El programa irá activando cada una de las etapas y desactivando la anterior conforme se vayan cumpliendo cada una de las condiciones. Las acciones se realizarán en función de la etapa activa a la que están asociadas. Por ejemplo, la etapa 1 activa tras arrancar el programa, al cumplirse la "Condición 1", se activará la etapa 2, se desactivará la 1, y se realizará la "Acción 1".

Ejemplo:



**Figura II. 25** Diagrama SFC.

Como se mencionó anteriormente, el lenguaje SFC tiene su origen en el estándar francés GRAFCET (Gráfica de **C**ontrol de **E**tapas de **T**ransición). El Grafcet también utiliza etapas, transiciones y acciones, que operan de la misma manera como en SFC.



## 2.2.7.5. STEP 7 BASIC LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PARA SIEMENS S7-1200.

### 2.2.7.5.1. GENERALIDADES

STEP 7 Basic proporciona un entorno de fácil manejo para configurar la lógica del controlador, la visualización de HMI y la comunicación por red. Para aumentar la productividad, STEP 7 Basic ofrece dos vistas diferentes del proyecto, a saber: Distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto.

La vista del proyecto proporciona una vista funcional de las tareas del proyecto y organiza las herramientas de acuerdo con la tarea que se va a realizar. Es posible determinar fácilmente el procedimiento y la tarea que debe seleccionarse.



Figura II. 26 Step 7 (6).

1. Portales para las diferentes tareas
2. Tareas del portal seleccionado
3. Panel de selección para la acción seleccionada
4. Cambia a la vista del proyecto

La vista del proyecto proporciona acceso a todos los componentes del proyecto.

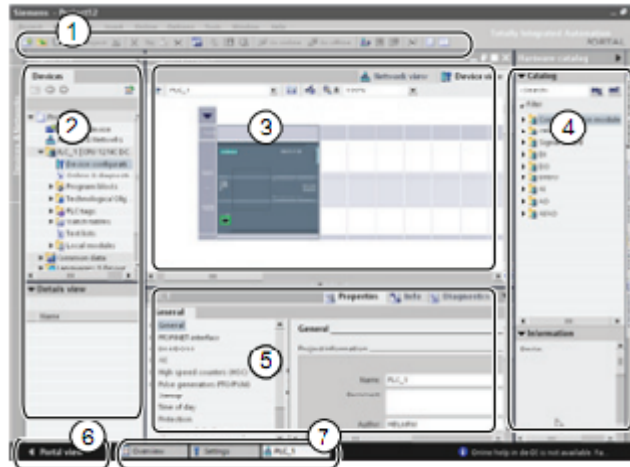


Figura II. 27 Step 7 vista del proyecto (6).

1. Menús y barra de herramientas
2. Árbol del proyecto
3. Área de trabajo
4. Task Cards
5. Ventana de inspección
6. Cambia a la vista del portal
7. Barra del editor

Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. La ventana de inspección, por ejemplo, muestra las propiedades e información acerca del objeto seleccionado en el área de trabajo. Si se seleccionan varios objetos, la ventana de inspección muestra las propiedades que pueden configurarse. La ventana de inspección incluye fichas que permiten ver información de diagnóstico y otros mensajes.

La barra de editores agiliza el trabajo y mejora la eficiencia, ya que muestra todos los editores que están abiertos. Para cambiar entre los editores abiertos, basta con hacer clic sobre el editor en cuestión. También es posible visualizar dos editores simultáneamente, ya sea en mosaico vertical u horizontal. Esta función permite mover elementos entre los editores mediante Drag & Drop.

## 2.3. SENSORES Y ACTUADORES.

### 2.3.1. SENSORES

#### 2.3.1.1. INTRODUCCION

Un sensor es cualquier dispositivo que detecta una determinada acción externa. Los sensores existen desde siempre, y nunca mejor dicho, porque el hombre los tiene incluidos en su cuerpo y de diferentes tipos.

Los sensores electrónicos han ayudado no solo a medir con mayor exactitud las magnitudes, sino a poder operar con dichas medidas. Pero no se puede hablar de los

sensores sin sus acondicionadores de señal, ya normalmente los sensores ofrecen una variación de señal muy pequeña y es muy importante equilibrar las características del sensor con las del circuito que le permite medir, acondicionar, procesar y actuar con dichas medidas.

### 2.3.1.2. ACONDICIONADORES Y PROCESADORES DE SEÑAL

No se puede hablar de los sensores, como componentes electrónicos básicos, sin ver cómo se pueden adaptar a un sistema de adquisición y control. Por lo que se tendrán que ver las nuevas tecnologías de adaptación de estos sensores que como parte de una cadena de dispositivos, forman un sistema.

Estos adaptadores, como acondicionadores de señal, son los amplificadores operacionales en sus diferentes estructuras de montaje, pasando por filtros o por procesadores analógicos, convirtiendo estas señales de analógico a digital para posteriormente ser procesados los datos con un DSP o Microcontrolador y actuando por medio de las salidas lógicas del procesador o por medio de un convertidor digital a analógico.

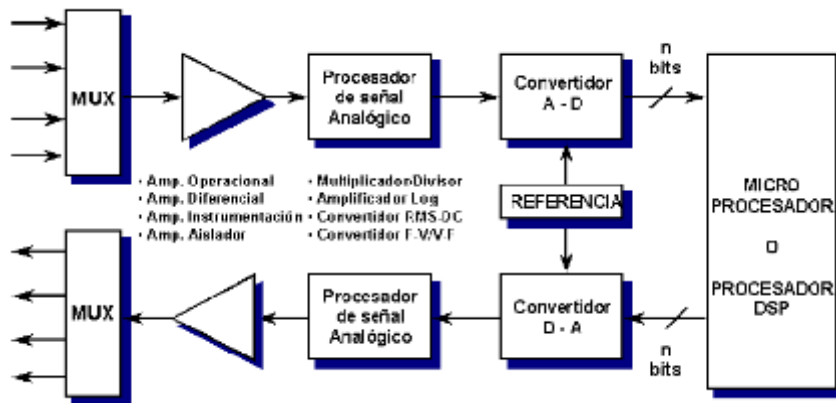


Figura II. 28 Acondicionadores y Procesadores de Señal (10).

### 2.3.1.3. SENSORES DE TEMPERATURA

Probablemente sea la temperatura el parámetro físico más común que se mide en una aplicación electrónica, incluso en muchos casos en que el parámetro de interés no es la temperatura, ésta se ha de medir para incluir indirectamente su efecto en la medida deseada. La diversidad de sus aplicaciones ha condicionado igualmente una gran proliferación de dispositivos sensores y transductores, desde la sencilla unión bimetalica de los termostatos, hasta los dispositivos semiconductores más complejos. Los principales tipos de sensores de temperatura son los siguientes:

#### 2.3.1.3.1. TERMOPARES

Los termopares utilizan la tensión generada en la unión de dos metales en contacto térmico, debido a sus distintos comportamientos eléctricos.

Los termopares son baratos y robustos, tienen una estabilidad bastante buena a lo largo del tiempo. Debido a su pequeño tamaño, responden rápidamente a los cambios de temperatura. Funcionan sobre rangos de temperatura criogénicos, tiene una linealidad y exactitud razonable. Debido a que el número de electrones libres en un metal depende de la temperatura y de la composición del metal, dos metales de desigual isoterma, dan una diferencia de potencial que es una función repetible de la temperatura, como se muestra en la figura. El voltaje resultante depende de las temperaturas,  $T_1$  y  $T_2$ , de una manera repetible.

Puesto que el termopar es básicamente un dispositivo de medida diferencial, se necesita una temperatura de referencia conocida para una de las uniones, así la temperatura de la otra unión será deducida del voltaje de salida. Los termopares están fabricados de materiales especialmente seleccionados que se han caracterizado exhaustivamente en términos de voltaje con la temperatura de comparación, que normalmente es la del punto de agua/hielo de  $0^{\circ}\text{C}$ .

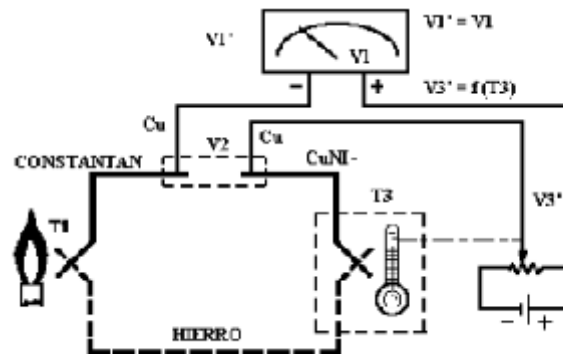


Figura II. 29 Termopares (10).

En la tabla siguiente se muestra los distintos tipos de termopares con su rango típico, su sensibilidad y la designación estándar.

| Material de la unión                     | Rango Típico ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Sensibilidad ( $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) | Designación |
|--|-------------------------------------|---|-------------|
| Pt(6%)/Rodio – Pt(30%)/Rodio             | 38 a 1800                           | 7.7   | B           |
| Tungsteno(5%)/Renio–Tungsteno(26%)/Renio | 0 a 2300                            | 16  | C           |
| Cromo- Constantan                        | 0 a 982                             | 76  | E           |
| Hierro – Constantan                      | 0 a 760                             | 55  | J           |
| Cromo – Aluminio                         | -184 a 1260                         | 39  | K           |
| Pt(13%)/Rodio – Pt                       | 0 a 1593                            | 11.7  | R           |
| Pt(10%)/Rodio – Pt                       | 0 a 1538                            | 10.4  | S           |
| Cobre- Constantan                        | -184 a 400                          | 45  | T           |

Tabla II.08 Termopares con su rango típico, su sensibilidad y la designación estándar (10).

### 2.3.1.3.2. RESISTIVOS

Lo constituyen las RTD (Resistance Temperature Detector) o PT100 basadas en la dependencia de la resistividad de un conductor con la temperatura, están caracterizadas por un coeficiente de resistividad positivo PTC (Positive Thermal Coefficient). También lo son las NTC (Negative Thermal Coefficient), que se llaman termistores y están caracterizadas por un coeficiente de temperatura negativo.

### 2.3.1.3.3. SEMICONDUCTORES

Se basan en la variación de la conducción de una unión p-n polarizada directamente.

### 2.3.1.4. SENSORES DE HUMEDAD

#### 2.3.1.4.1. SENSORES DE HUMEDAD CAPACITIVOS

El sensor de los sensores lo forma un condensador de dos láminas de oro como placas y como dieléctrico una lámina no conductora que varía su constante dieléctrica, en función de la humedad relativa de la atmósfera ambiente. El valor de la capacidad se mide como humedad relativa.

#### 2.3.1.4.2. SENSORES DE HUMEDAD RESISTIVOS

Un electrodo polímero montado en tándem censa la humedad en el material. Además un circuito acondicionador y linealizador, dan una salida estándar.

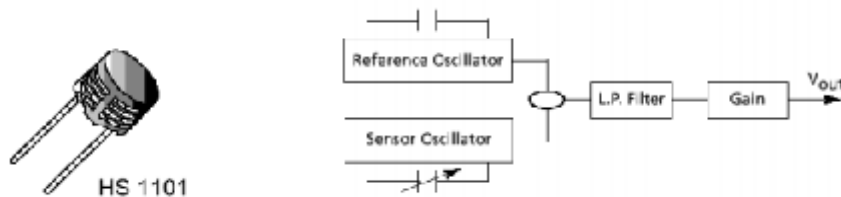


Figura II. 30 Sensores de Humedad (10).

### 2.3.2. ACTUADORES

#### 2.3.2.1. MOTORES

##### 2.3.2.1.1. INTRODUCCION

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos.

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

Constituidos por lo general, por dos imanes permanentes fijados en la carcasa y una serie de bobinados de cobre ubicados en el eje del motor, que habitualmente suelen ser tres. El funcionamiento se basa en la interacción entre el campo magnético del imán permanente y el generado por las bobinas, ya sea una atracción o una repulsión hacen que el eje del motor comience su movimiento.

### 2.3.2.1.2. PARTES DE UN MOTOR DC

- **Inductor o estator (Arrollamiento de excitación):** Es un electroimán formado por un número par de polos. Las bobinas que los arrollan son las encargadas de producir el campo inductor al circular por ellas la corriente de excitación.
- **Inducido o rotor (Arrollamiento de inducido):** Es una pieza giratoria formada por un núcleo magnético alrededor del cual va el devanado de inducido, sobre el que actúa el campo magnético.
- **Colector de delgas:** Es un anillo de láminas de cobre llamadas delgas, dispuesto sobre el eje del rotor que sirve para conectar las bobinas del inducido con el circuito exterior a través de las escobillas.
- **Escobillas:** Son unas piezas de grafito que se colocan sobre el colector de delgas, permitiendo la unión eléctrica de las delgas con los bornes de conexión del inducido. Al girar el rotor, las escobillas van rozando con las delgas, conectando la bobina de inducido correspondiente a cada par de delgas con el circuito exterior.

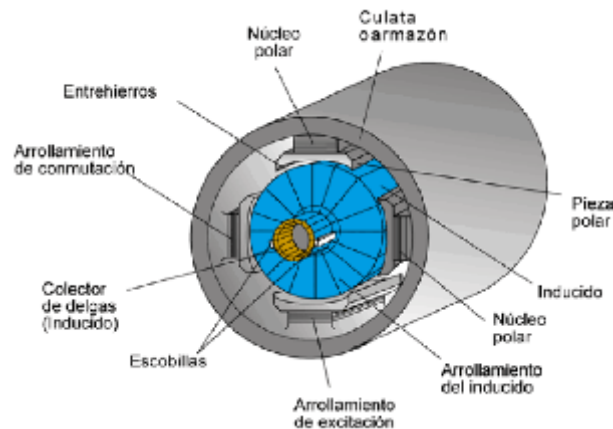


Figura II. 31 Motor DC (8).

### 2.3.2.1.3. TIPOS DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINÚA

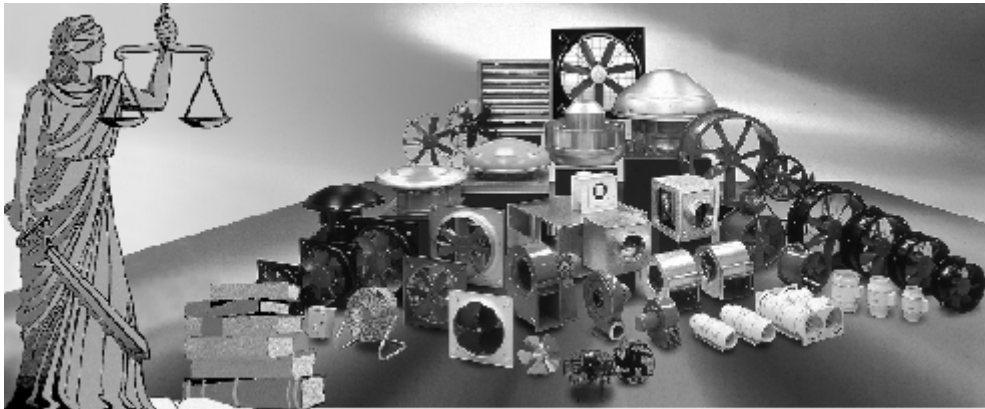
- **De Excitación Independiente:** Son aquellos que obtienen la alimentación del rotor y del estator de dos fuentes de tensión independientes. Con ello, el campo del estator es constante al no depender de la carga del motor, y el par de fuerza es entonces prácticamente constante. Las variaciones de velocidad al aumentar la carga se deberán sólo a la disminución de la fuerza electromotriz por aumentar la caída de tensión en el rotor. Este sistema de excitación no se suele utilizar debido al inconveniente que presenta el tener que utilizar una fuente exterior de corriente.
- **De Excitación En Derivación.** Los devanados inducidos el inductor están conectados en paralelo y alimentados por una fuente común. También se denominan máquinas shunt, y en ellas un aumento de la tensión en el inducido hace aumentar la velocidad de la máquina.
- **De Excitación En Serie.** Los devanados de inducido y el inductor están colocados en serie y alimentados por una misma fuente de tensión. En este tipo de motores existe dependencia entre el par y la velocidad; son motores en los que, al aumentar la corriente de excitación, se hace disminuir la velocidad, con un aumento del par.
- **De Excitación Compuesta.** También llamados **compound**, en este caso el devanado de excitación tiene una parte de él en serie con el inducido y otra parte en paralelo. El arrollamiento en serie con el inducido está constituido por pocas espiras de gran sección, mientras que el otro está formado por un gran número de espiras de pequeña sección. Permite obtener por tanto un motor con las ventajas del motor serie, pero sin sus inconvenientes. Sus curvas características serán intermedias entre las que se obtienen con excitación serie y con excitación en derivación.

Existen dos tipos de excitación compuesta. En la llamada **compuesta adicional** el sentido de la corriente que recorre los arrollamientos serie y paralelo es el mismo, por lo que sus efectos se suman, a diferencia de la **compuesta diferencial**, donde el sentido de la corriente que recorre los arrollamientos tiene sentido contrario y por lo tanto los efectos de ambos devanados se restan.

### 2.3.2.2. VENTILADORES

Un ventilador es una maquina rotativa que pone el aire, o un gas, en movimiento. Podemos definirlo como una turbo máquina que transmite energía para generar presión necesaria con la que se intenta mantener un flujo continuo de aire.

Un ventilador consta en esencia de un motor de accionamiento, generalmente eléctrico con dispositivos de control propio de los mismos: arranque, regulación de velocidad, conmutación de polaridad, etc. Y un propulsor giratorio en contacto con el aire, al que transmite energía.



**Figura II. 32 Ventiladores (11).**

### 2.3.2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES

Los ventiladores han venido clasificándose de muy diferentes maneras y no es extraño que un mismo aparato pueda aceptar dos, tres o más denominaciones. Es bastante común adoptar la designación atendiendo a alguna de sus características adaptadas al caso que se está tratando.

#### 2.3.2.2.1.1. ATENDIENDO A SU FUNCIÓN

**Ventiladores con Envolvente.** Que suele ser tubular. A su vez pueden ser:

- **Impulsores:** Entrada libre, salida entubada.
- **Extractores:** Entrada entubada, descarga libre.
- **Impulsores-Extractores:** Entrada y salida entubadas



**Figura II. 33 Ventiladores Impulsores-Extractores.**

**Ventiladores Murales.** Conocidos también como simplemente Extractores, tienen la función de trasladar aire entre dos espacios separados por un muro o pared.





**Figura II. 34** Ventiladores Murales.

**Ventiladores de Chorro.** Aparatos usados para proyectar una corriente de aire incidiendo sobre personas o cosas.



**Figura II. 35** Ventiladores de Chorro.

#### 4.2.2.1.2. ATENDIENDO A LA TRAYECTORIA DEL AIRE.

- **Ventiladores Centrífugos.** En estos aparatos la trayectoria del aire sigue una dirección axial a la entrada y paralela a un plano radial a la salida. Entrada y salida están en ángulo recto. El rodete de estos aparatos está compuesto de álabes que pueden ser hacia ADELANTE, RADIALES o ATRÁS.



**Figura II. 36** Ventiladores Centrífugos.

- **Ventiladores axiales.** La entrada de aire al aparato y su salida siguen una trayectoria según superficies cilíndricas coaxiales.



**Figura II. 37 Ventiladores Axiales.**

- **Ventiladores transversales.** La trayectoria del aire en el rodete de estos ventiladores es normal al eje tanto a la entrada como a la salida cruzando el cuerpo del mismo.



**Figura II. 38 Ventiladores Transversales.**

- **Ventiladores Helicocentrífugos.** Son aparatos intermedios a los ventiladores axiales y los ventiladores transversales. El aire entra como en los axiales y sale igual que en los centrífugos.



**Figura II. 39 Ventiladores Helicocentrífugos.**

#### **2.3.2.2.1.3. ATENDIENDO A LA PRESIÓN**

- **Ventiladores de baja Presión.** Se los denomina así a los que no alcanzan los 70 pascales. Suelen ser centrífugos y por antonomasia se designan así a los utilizados en climatizadores.
- **Ventiladores de mediana Presión.** Si la presión está entre los 70 y 3000 Pascales, pueden ser centrífugos o axiales.
- **Ventiladores de alta Presión.** Cuando la presión está por encima de los 3000 Pascales, suelen ser centrífugos con rodetes estrechos y de gran diámetro.

### 2.3.2.3. CONTROLES ELECTRO-NEUMÁTICOS (ELECTROVÁLVULAS).

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde una fracción de pulgada hasta 30 ft (9 m) o más de diámetro. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 20000 lb/in<sup>2</sup> (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815 °C). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.

#### 2.3.2.3.1. VÁLVULA DE CONTROL.

La válvula automática de control generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea de proceso y se comporta como un orificio cuya sección de paso varía continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada.



Figura II. 40 Electroválvula.

#### 2.3.2.3.1.1. PARTES DE LA VÁLVULA DE CONTROL.

Las válvulas de control constan básicamente de dos partes que son: **la parte motriz o actuador** y **el cuerpo**.



Figura II. 41 Electroválvula.

#### **2.3.2.3.1.1.1. ACTUADOR**

El actuador también llamado accionador o motor, puede ser neumático, eléctrico o hidráulico, pero los más utilizados son los dos primeros, por ser las más sencillas y de rápida actuaciones. Aproximadamente el 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente. Los actuadores neumáticos constan básicamente de un diafragma, un vástago y un resorte. Lo que se busca en un actuador de tipo neumático es que cada valor de la presión recibida por la válvula corresponda una posición determinada del vástago. Teniendo en cuenta que la gama usual de presión es de 3 a 15 lbs/pulg<sup>2</sup> en la mayoría de los actuadores se selecciona el área del diafragma y la constante del resorte de tal manera que un cambio de presión de 12 lbs/pulg<sup>2</sup>, produzca un desplazamiento del vástago igual al 100% del total de la carrera.

#### **2.3.2.3.1.1.2. CUERPO DE LA VÁLVULA**

Este está provisto de un obturador o tapón, los asientos del mismo y una serie de accesorios. La unión entre la válvula y la tubería puede hacerse por medio de bridas soldadas o roscadas directamente a la misma. El tapón es el encargado de controlar la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula y puede accionar en la dirección de su propio eje mediante un movimiento angular. Esta unido por medio de un vástago al actuador.

#### **2.3.2.3.1.1.3. CATEGORÍAS DE VÁLVULAS**

Debido a las diferentes variables, no puede haber una válvula universal; por tanto, para satisfacer los cambiantes requisitos de la industria se han creado innumerables diseños y variantes con el paso de los años, conforme se han desarrollado nuevos materiales. Todos los tipos de válvulas recaen en nueve categorías: válvulas de compuerta, válvulas de globo, válvulas de bola, válvulas de mariposa, válvulas de apriete, válvulas de diafragma, válvulas de macho, válvulas de retención y válvulas de desahogo (alivio).

Sería imposible mencionar todas las características de cada tipo de válvula que se fabrica y no se ha intentado hacerlo. Más bien se presenta una descripción general de cada tipo en un formato general, se dan recomendaciones para servicio, aplicaciones, ventajas, desventajas y otra información útil para el lector.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO**

#### **3.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO INSTALACIONES ELÉCTRICAS GALPÓN 1 “AVÍCOLA REINA DEL CISNE”**

Previo a una revisión el estado de las instalaciones eléctricas del galpón No: 1 de la avícola “REINA DEL CISNE”, se tomó la decisión de realizar un mantenimiento correctivo de ellas, tomando en cuenta que es indispensable tener una adecuada instalación eléctrica, que se complemente con nuestro sistema de control, además de prevenir posibles fallos de los sistemas y dispositivos acoplados a este; y, minimizar los riesgos de choques y accidentes eléctricos de las personas que laboran.

##### **3.1.1. PROBLEMAS DETECTADOS**

- Iluminación deficiente.
- Conductores inadecuados.
- Falta de tomacorrientes.
- Conductores desnudos alto Riesgo Eléctrico.



**Figura III. 42** Instalaciones Eléctricas Anteriores.

### 3.1.2. TRABAJOS REALIZADOS

- Rediseño previo de iluminación e instalaciones eléctricas.
- Descripción general de la instalación eléctrica.
- Iluminación.
- Diseño previo de Iluminación.
- Calculo utilizando el método de los Lúmenes.

Consideraciones iniciales de diseño [VER ANEXO 3 Y 4]:

Longitud: 35m

Ancho: 7.3

Altura total: ht: 2.3

Altura plano Útil: hu: 0.5

Factor de depreciación:  $\gamma$ : 0.8

Lámpara: lámpara incandescente OSRAM 81221 Classic 100 W.  $\Phi$ : 1560 Lm.

Reflectancias: techo ( $P_t$ ), piso ( $P_{ps}$ ), pared ( $P_p$ ).

$P_t$ : 30

$P_p$ : 30

$P_{ps}$ : 30

Iluminación media para galpones agrícolas: E: 50 Lux

| TIPO DE EDIFICIO, LOCAL Y TAREA VISUAL  | VALOR MÍNIMO DE SERVICIO DE ILUMINACIÓN (Lux) |
|---|---|
| <b>Construcciones Agrícolas***</b>  |   |
| Hangares y bodega   | 50  |
| Preparación de alimentos del ganado   | 100   |
| Lavaderos y duchas para el ganado   | 100   |
| Accesos   | 20  |
| Establos  | 50  |
| Tambo   | 100   |
| Establo con divisiones  | 100   |
| Granjas, graneros, depósito para cosechas   |   |
| - Iluminación general   | 50  |
| - Clasificación de granos   | 100   |
| *** La iluminación necesaria para la cría de determinadas especies se fijará de acuerdo con los zootecnistas y agrónomos. |   |
| Gallineros y cencerjas  | 50  |
| Galpón:   |   |
| - Iluminación general   | 50  |
| - Iluminación localizada  | 10  |
| Inspección y atención veterinaria   | 300   |

Tabla III. VIII NIVELES DE ILUMINACIÓN

**Cálculos:**

$$h = ht - hu$$

$$h = 2.3m - 0.5m$$

$$h = 1.8m$$

$$K = \frac{al}{h(a+l)}$$

$$K = \frac{7.3(35)}{1.8(7.3 + 35)}$$

$$K = 3.4$$

Con:

P<sub>i</sub>: 30

P<sub>p</sub>: 10

P<sub>ps</sub>: 30

| Reflectancia efectiva<br>cavidad<br>del techo p <sub>ce</sub> (%)            | 80    |       |       |       | 70    |       |       |       | 50    |       |       |       | 30    |       |       |       | 10    |       |       |    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
|  | 70    | 50    | 30    | 10    | 70    | 50    | 30    | 10    | 50    | 30    | 10    | 50    | 30    | 10    | 50    | 30    | 10    | 50    | 30    | 10 |
| <b>Para 10% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% : 1,00)</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |
| Indice del local   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |
| 1  | 1,092 | 1,082 | 1,075 | 1,068 | 1,077 | 1,070 | 1,064 | 1,059 | 1,049 | 1,044 | 1,040 | 1,028 | 1,026 | 1,025 | 1,012 | 1,010 | 1,009 |       |       |    |
| 2  | 1,079 | 1,050 | 1,050 | 1,047 | 1,050 | 1,057 | 1,060 | 1,038 | 1,044 | 1,033 | 1,027 | 1,020 | 1,024 | 1,017 | 1,012 | 1,010 | 1,010 | 1,005 |       |    |
| 3  | 1,070 | 1,054 | 1,042 | 1,035 | 1,031 | 1,048 | 1,057 | 1,028 | 1,034 | 1,027 | 1,020 | 1,024 | 1,017 | 1,012 | 1,014 | 1,009 | 1,009 | 1,005 |       |    |
| 4  | 1,060 | 1,040 | 1,032 | 1,024 | 1,020 | 1,040 | 1,038 | 1,021 | 1,030 | 1,022 | 1,015 | 1,022 | 1,015 | 1,010 | 1,014 | 1,008 | 1,014 | 1,008 | 1,004 |    |
| 5  | 1,058 | 1,038 | 1,028 | 1,018 | 1,020 | 1,034 | 1,024 | 1,015 | 1,027 | 1,018 | 1,012 | 1,020 | 1,013 | 1,008 | 1,014 | 1,008 | 1,014 | 1,008 | 1,004 |    |
| 6  | 1,050 | 1,032 | 1,024 | 1,014 | 1,017 | 1,030 | 1,020 | 1,012 | 1,024 | 1,015 | 1,008 | 1,016 | 1,010 | 1,012 | 1,006 | 1,014 | 1,008 | 1,004 | 1,000 |    |
| 7  | 1,047 | 1,028 | 1,018 | 1,011 | 1,015 | 1,028 | 1,017 | 1,009 | 1,022 | 1,013 | 1,007 | 1,016 | 1,010 | 1,012 | 1,006 | 1,014 | 1,008 | 1,004 | 1,000 |    |
| 8  | 1,044 | 1,024 | 1,015 | 1,010 | 1,014 | 1,024 | 1,015 | 1,007 | 1,020 | 1,012 | 1,006 | 1,016 | 1,010 | 1,012 | 1,006 | 1,014 | 1,008 | 1,004 | 1,000 |    |
| 9  | 1,040 | 1,024 | 1,014 | 1,007 | 1,012 | 1,022 | 1,014 | 1,006 | 1,019 | 1,011 | 1,005 | 1,016 | 1,010 | 1,012 | 1,006 | 1,014 | 1,008 | 1,004 | 1,000 |    |
| 10   | 1,037 | 1,022 | 1,012 | 1,006 | 1,014 | 1,024 | 1,016 | 1,008 | 1,021 | 1,013 | 1,007 | 1,018 | 1,012 | 1,014 | 1,008 | 1,014 | 1,008 | 1,004 | 1,000 |    |
| <b>Para 30% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% : 1,00)</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |
| Indice del local   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    |
| 1  | 0,922 | 0,920 | 0,915 | 0,910 | 0,915 | 0,920 | 0,925 | 0,948 | 0,958 | 0,960 | 0,963 | 0,973 | 0,976 | 0,979 | 0,989 | 0,991 | 0,992 |       |       |    |
| 2  | 0,910 | 0,912 | 0,910 | 0,910 | 0,910 | 0,918 | 0,927 | 0,963 | 0,963 | 0,963 | 0,974 | 0,970 | 0,980 | 0,980 | 0,980 | 0,981 | 0,985 |       |       |    |
| 3  | 0,929 | 0,931 | 0,931 | 0,930 | 0,935 | 0,957 | 0,968 | 0,973 | 0,987 | 0,975 | 0,981 | 0,978 | 0,985 | 0,988 | 0,988 | 0,992 | 0,994 |       |       |    |
| 4  | 0,944 | 0,958 | 0,960 | 0,978 | 0,980 | 0,985 | 0,973 | 0,989 | 0,972 | 0,980 | 0,988 | 0,980 | 0,988 | 0,991 | 0,987 | 0,992 | 0,994 |       |       |    |
| 5  | 0,948 | 0,954 | 0,970 | 0,975 | 0,975 | 0,970 | 0,970 | 0,985 | 0,975 | 0,983 | 0,988 | 0,981 | 0,980 | 0,985 | 0,987 | 0,987 | 0,987 |       |       |    |
| 6  | 0,952 | 0,960 | 0,960 | 0,968 | 0,968 | 0,972 | 0,982 | 0,989 | 0,977 | 0,985 | 0,992 | 0,982 | 0,989 | 0,995 | 0,997 | 0,997 | 0,997 |       |       |    |
| 7  | 0,957 | 0,970 | 0,970 | 0,974 | 0,974 | 0,970 | 0,965 | 0,981 | 0,978 | 0,987 | 0,994 | 0,983 | 0,980 | 0,986 | 0,987 | 0,983 | 0,983 |       |       |    |
| 8  | 0,960 | 0,978 | 0,988 | 0,993 | 0,985 | 0,977 | 0,987 | 0,992 | 0,981 | 0,988 | 0,995 | 0,984 | 0,981 | 0,987 | 0,987 | 0,984 | 0,984 |       |       |    |
| 9  | 0,962 | 0,978 | 0,987 | 0,994 | 0,985 | 0,979 | 0,989 | 0,994 | 0,983 | 0,990 | 0,998 | 0,985 | 0,982 | 0,988 | 0,988 | 0,984 | 0,984 |       |       |    |
| 10   | 0,965 | 0,980 | 0,985 | 0,990 | 0,987 | 0,981 | 0,990 | 0,995 | 0,984 | 0,991 | 0,997 | 0,986 | 0,983 | 0,988 | 0,988 | 0,984 | 0,984 |       |       |    |

Tabla III. IX FACTOR DE UTILIZACIÓN

**Factor de Utilización**

De la tabla tenemos que: K<sub>0</sub>: 3, K<sub>1</sub>: 4; y, η<sub>0</sub>:1.017, η<sub>1</sub>:1.015, K: 3.4.

Interpolando.

$$\frac{f1(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

Tomando los valores de las tablas tenemos:

$$\frac{3,4 - 3}{\eta - 1,017} = \frac{4 - 3}{1,015 - 1,017} (3,4 - 1,015)$$

$$\eta = 1,0162$$

**Flujo luminoso total:**

$$\Phi = \frac{S \cdot E}{\eta \cdot \delta}$$

$$\Phi = \frac{S \cdot E}{\eta \cdot \delta}$$

Como:

$$S = l \cdot a$$

Entonces:

$$\Phi = \frac{l \cdot a \cdot E}{\eta \cdot \delta}$$

$$\Phi = \frac{35 \times 7,3 \times 50}{1,0162 \times 0,8}$$

$$\Phi = 15714,2 \text{ lm}$$



### Número de Lámparas

$$N = \frac{\Phi}{n \cdot \Phi_l}$$
$$N = \frac{\Phi}{n \cdot \Phi_l}$$

Como n es número de lámparas por luminaria y para el presente diseño tomara el valor de 1 entonces:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_l}$$
$$N = \frac{15714.2}{1560}$$

$$N = 10 \text{ lamparas}$$

### DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS [VER ANEXO1]

#### Calculo de conductores Iluminación.

Consideraciones de cálculo:

Potencia por lámpara (P): 100W

Numero de lámparas (N): 10

Voltaje: 121

Factor de seguridad: 1.2

Longitud (L): 32m

Caída de voltaje: 3%; con 121V;  $\Delta V = 3.63$

#### Calculo Potencia Total

$$P_T = P * N$$

$$P_T = 100 * 10$$

$$P_T = 1000$$

$$P_T = 1000 * 1.2$$

$$P_T = 1200$$

#### Calculo Corriente

$$P_T = V * I$$

$$I = \frac{P_T}{V}$$

$$I = \frac{1200}{121}$$

$$I = 9.92 \text{ A}$$

#### Cálculo Sección

$$S = \frac{2\rho LI C_{cs} \Phi}{\Delta V}$$

$$S = \frac{2(0.0172)(32)(9.92)(0.85)}{3.63}$$

$$S = 2.56 \text{ mm}^2$$

**Conductor: 2x12AWG**

### **Toma Corrientes**

Consideraciones de cálculo:

Potencia promedio por tomacorriente (P): 350W

Numero de lámparas (N): 8

Voltaje: 121

Factor de seguridad: 1.2

Longitud (L): 23m

Caída de voltaje: 3%; con 121V;  $\Delta V = 3.63$

### **Calculo Potencia Total**

$$P_T = P * N$$

$$P_T = 350 * 8$$

$$P_T = 2800$$

$$P_T = 2800 * 1.2$$

$$P_T = 3360$$

### **Calculo Corriente**

$$P_T = V * I$$

$$I = \frac{P_T}{V}$$

$$I = \frac{3360}{121}$$

$$I = 27.76 \text{ A}$$

### **Calculo Sección**

$$S = \frac{2\rho LICos\phi}{\Delta V}$$

$$S = \frac{2(0.0172)(23)(27.76)(0.85)}{3.63}$$

$$S = 5.14 \text{ mm}^2$$

**Conductor: 2x10 AWG**

**PLANOS INSTALACION ELECTRICA  
[VER ANEXO 2]**



**Figura III. 43** Avícola reina del cisne galpón No: 1 Rediseño Eléctrico

### **3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.**

#### **3.2.1. CARACTERÍSTICAS GALPÓN 1 AVÍCOLA “REINA DEL CISNE.**

**[VER ANEXO 3 Y 4]**

La ventilación utiliza cortinas desplegadas manualmente (figura III.44), este es el único medio que utilizado por los operarios.



**Figura III. 44** Cortinas desplegables manualmente.

El galpón se ubica en la parte occidental de la ciudad de Riobamba, en el Barrio San Martín de Veranillo, se orienta de este a oeste, esto para evitar a lo máximo las fluctuaciones térmicas.

La ventilación depende de la edad de las aves. En los primeros días la ventilación dentro del galpón es mínima, para que se distribuya uniformemente el aire caliente.

En este tipo de ventilación los ventiladores funcionan con un timer, es decir, hacer que el ventilador funcione durante lapsos de tiempo. Nuestro ciclo de trabajo es de 10 minutos: 2 minutos encendidos y 8 minutos apagados, en casos extremos de calor se utilizará la ventilación natural.

El número de ventiladores requeridos para hacer un cambio de aire cada 8 minutos es el siguiente:

Volumen del galpón ( $m^3$ ) capacidad disponible de los ventiladores ( $m^3/min$ )

Calculo del volumen del galpón

Volumen del galpón ( $m^3$ ) = largo (m.) x ancho (m) x altura promedio (m)

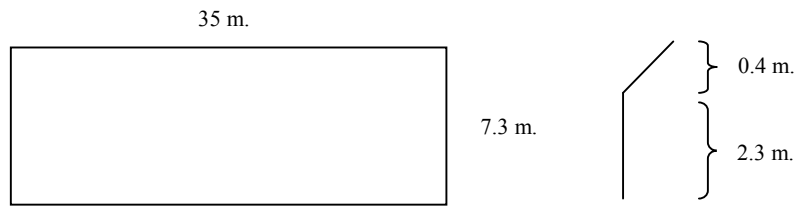
Nota: Altura promedio = altura de la pared +  $\frac{1}{2}$  altura desde el final de la pared hasta la parte más alta del techo.

Ventiladores usados

400 mm con capacidad de funcionamiento de 80  $m^3/min$

Entonces:

Dimensiones del galpón: 35 m de largo, 7.3 m de ancho, 2.5 m de altura promedio



Altura promedio = 2.3m + (0.5 x 0.4 m) = 2.5 m.

Volumen del galpón = 35 m x 7.3 m x 2.5 m = 638.75 m<sup>3</sup>

Capacidad de los ventiladores de flujo directo= 80  $\frac{m^3}{min}$

Cambio de aire del galpón cada 8 min

$$638.75 \frac{m^3}{min} \div 8 = 79.8 \frac{m^3}{min}$$

$$79.8 \frac{m^3}{min} \div 80 \frac{m^3}{min} = 0.9975 \text{ ventilador } \text{ ó } 1 \text{ ventilador (de 400 mm)}$$

Esto se hace para entregar oxígeno suficiente a las aves y cumplir las demandas metabólicas de las mismas, además del control de la humedad relativa.

Conforme crecen las aves o si las circunstancias del clima lo ameritan, el sistema de ventilación mínima se acopla con el sistema de ventilación natural, cuando las aves hayan desarrollado todo su plumaje, estas no requieren de mucho calor dentro del galpón, en días calurosos, las cortinas y ventiladores deben estar abiertos y encendidos a su máxima potencia.

Para la ventilación mínima del galpón en los primeros días de crianza de las aves se utiliza el ventilador Panasonic **FV-08VKL3** (figura III.45).



**Figura III. 45** Ventilador Panasonic FV-08VKL3

El cual cumple con los requerimientos de velocidad y flujo de aire constante, este es un ventilador centrífugo de 400 mm, con capacidad de funcionamiento de 80 m<sup>3</sup>/min.

Este ventilador no puede ser utilizado para realizar una ventilación negativa por las características internas que tiene el galpón (figura III.46), en el cual existen obstáculos que impiden la circulación correcta del aire, para cumplir la correcta ventilación como se muestra en la figura II.03 de flujo cruzado.



**Figura III. 46** Características internas del galpón 01 de la avícola Reina del Cisne

Para la ventilación mínima y solucionar este problema se utilizó un sistema de ventilación por tuberías (figura III.47), [VER ANEXO 10 Y 12].



**Figura III. 47** Sistema de tuberías en el interior del galpón 01 de la avícola Reina del Cisne

Para la apertura y cierre de las cortinas del galpón se utilizó dos motorreductores conectados a un sistema de poleas, que permiten la ventilación natural [anexo 4].

El sistema de cortinas se lo implemento en función de los materiales ya instalados en el galpón, acoplando a estos materiales como: Malacates para subir y bajar las cortinas, Cuerda de poliéster, Contrapeso (obtener localmente), entre otros [VER ANEXO 5]. Este sistema se implemento según la empresa CRAWFORD B. DEYO.INC. [VER ANEXO 6], experta en sistema de ventilación de galpones.



**Figura III. 48** Sistema de apertura y cierre de cortinas

El sistema de cierre y apertura de cortinas por facilidad del operario es automático y manual, para el sistema automático se utiliza un motorreductor.

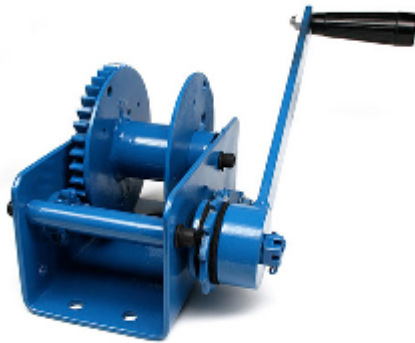


**Figura III. 49 HIGH TORQUE ATEX MOTORS – MOTORREDUCTOR**

Motorreductor para trabajos pesados de 12 voltios de corriente directa, bidireccional y con un torque máximo 8 Nm (81 Kg x cm). Suficiente para subir y bajar la cortina del galpón, para lo cual se necesita levantar 40 kg. Que es lo que pesan cada una de las cortinas del galpón, para lo cual utilizamos dos de estos motorreductores.

Los motorreductores trabajan con carga, a corrientes superiores de 8 amperios.

Para el sistema manual se utiliza un malacate.



**Figura III. 50 Malacate**

El cual soporta pesos mayores a 80 kg. Suficientes para nuestro sistema.



### 3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN.



**Figura III. 51** Criadoras tipo campana

Las criadoras tipo campana utilizan gas industrial para su funcionamiento, el encendido o apagado de estas se lo hacía manualmente.

Para que el sistema sea automático se utilizó un chispero tipo electrodo instalado en las entradas de gas de las criadoras, las cuales se las coloca en función a las instalaciones de gas [VER ANEXO 10] ya establecidas en el galpón; y, se las mueve según van creciendo las aves, utilizando cuatro de estas durante todo el proceso de crianza de las aves en todo el galpón.



**Figura III. 52** Chispero tipo electrodo

Para el funcionamiento de este tipo de electrodos, se utilizó un circuito astable 555 (Figura III.53), [anexo 6]. Junto a un transformador elevador (figura III.54), que amplifica el voltaje de una fuente a 12Kv, generando así el encendido de la llama del gas. Estos elementos se acoplan con un transistor de potencia 2N3055 [anexo 6].

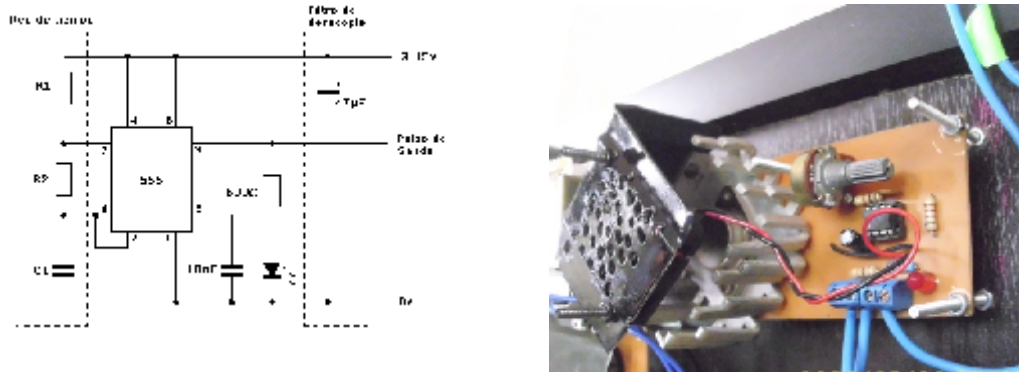


Figura III. 53 Circuito estable



Figura III. 54 Transformador elevador

### 3.4. CONTROL DE HUMEDAD.

Para controlar la humedad se utilizó un ventilador Panasonic FV-08VKL3, poniéndolo en funcionamiento constantemente.



Figura III. 55 Ventilador Panasonic FV-08VKL3

El sistema de control cumple el siguiente diagrama:

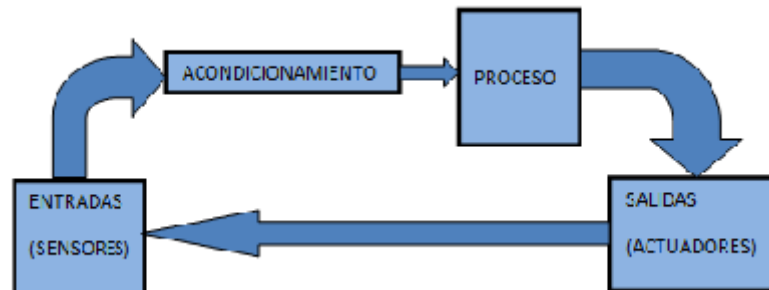
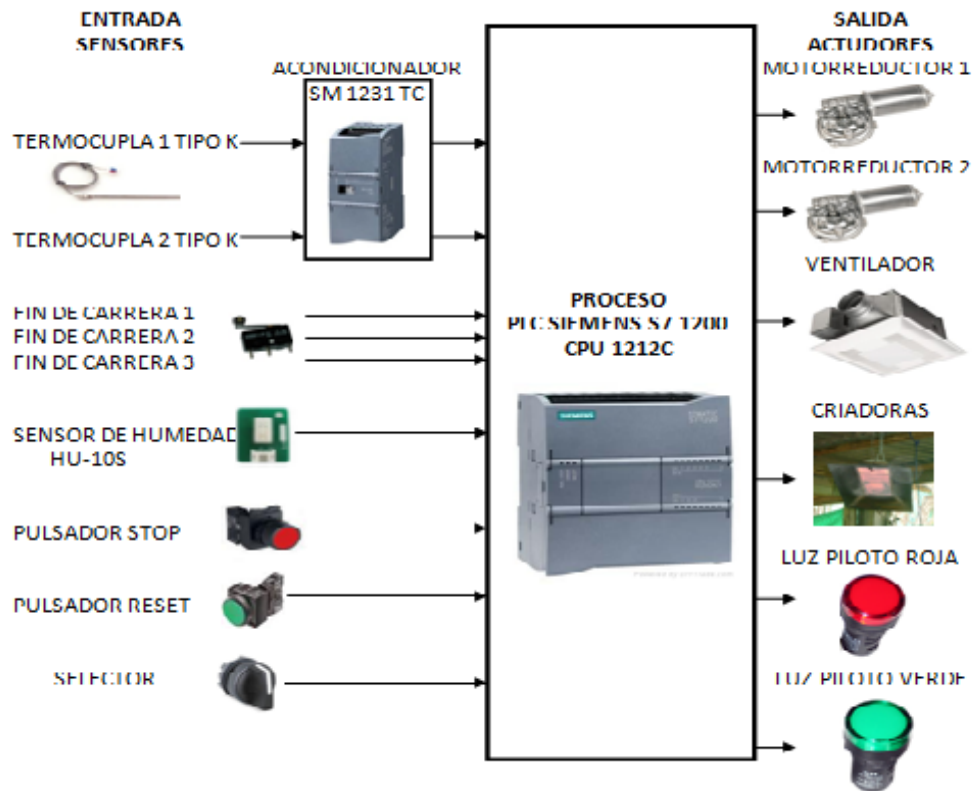


Figura III. 56 Diagrama de sistema de control



**Figura III. 57** Proceso de control

Para el sistema de control se utilizó un PLC SIEMENS S7 1200 CPU 1212C, el cual funciona con una entrada de 110 VCA., el mismo que controla todo el proceso, ya sea este manual o automático. Adicional a este un modulo de expansión SM 1231 TC de SIEMENS, Este modulo de expansión acondiciona la señal de cualquier tipo de termocuplas hacia el PLC antes mencionado (figura III.58)



**Figura III. 58** PLC SIEMENS S7 1200 – CPU 1212C + MODULO DE EXPANSIÓN SM 1231 TC

Para la protección del PLC y otros dispositivos del sistema, se utiliza un fusible (figura III.59) en la entrada de alimentación de 110 VCA., a una corriente máxima de 3 A., suficiente para su protección.



**Figura III. 59** Fusible de 3 A. + Fuente 5VCD, 12 VCD y 24VCD

La alimentación de los sensores y otros dispositivos se lo realiza con una fuente de 5VCD, 12 VCD y 24VCD (figura III.59), conectada a 110 VCA y protegida con un fusible de 3 A. [VER ANEXO 07].

### 3.5.1. SENSORES O ENTRADAS EN EL PLC

Instalados en el galpón según las características del mismo [ANEXO 3 Y 4], y colocadas en función a las necesidades del sistema de control [VER ANEXO 11].

El galpón se divide en dos secciones, esto se lo hace ya que, cuando las aves están en los primeros días de crecimiento solo se utiliza la mitad del galpón, y posteriormente conforme van creciendo se utiliza todo el galpón.



a) Pulsador STOP

b) Pulsador verde

c) Selector

**Figura III. 60** Pulsadores y selector

### 3.5.1.1. PULSADOR STOP

Pulsador industria de color rojo, el cual está conectado a la entrada I.0 del PLC. Funciona como “PARO” general del sistema, es decir, deshabilita todos los actuadores (salidas), como son: motores, ventiladores y las denominadas criadoras (figura III.60.a).

### 3.5.1.2. PULSADOR RESET

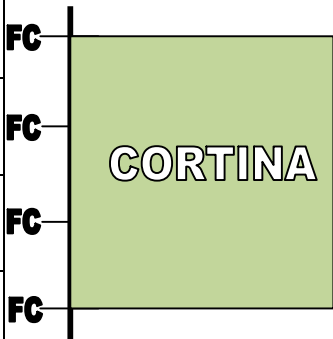
Pulsador industrial de color verde, el cual está conectado a la entrada I.1 del PLC, presionado después del pulsador STOP habilita todas las salidas (actuadores), esto se lo hace en todo sistema industrial por seguridad (figura III.60.b).

### 3.5.1.3. SELECTOR

Selector industrial, de dos estados, conectado en la entrada I.2 del PLC. El mismo que funciona como selector de los dos estados del sistema (manual y automático), Utilizando el contacto normalmente abierto (NA) para el modo manual; y, el normalmente cerrado (NC) para el modo automático (figura III.60.c).

### 3.5.1.4. FIN DE CARRERA

En el sistema se utiliza cuatro sensores de este tipo, conectados a las entradas I.3, I.4, I.5, I.6 del PLC. Los mismos que detectan la posición de las cortinas del galpón, ubicados según el siguiente diagrama:

| ENTRADA EN EL PLC | DIAGRAMA DE POSOCIONES  | NOMBRE DE VARIABLE |
|-------------------|---|--------------------|
| I.3               |  | I4                 |
| I.4               |   | I5                 |
| I.5               |   | I6                 |
| I.6               |   | I7                 |

**Figura III. 61** Diagrama de posición de sensores fin de carrera (FC) para la cortina.



**Figura III. 62** Sensor fin de carrera y estructura de soporte.

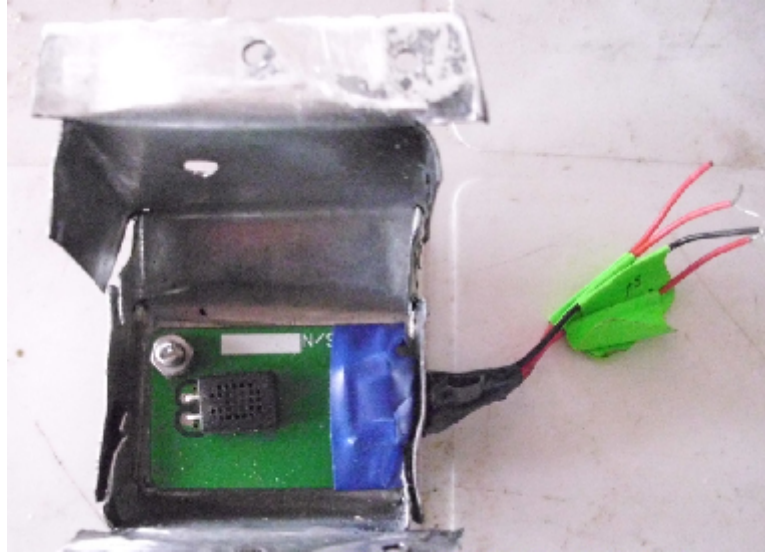
### 3.5.1.5. SENSOR DE HUMEDAD HU-10

Utilizado en sistemas de aire acondicionado. En el sistema se lo conecta una entrada analógica del PLC. Las características eléctricas de este sensor se muestran en la siguiente tabla:

|  |                           |
|--|---------------------------|
| Referencia Eléctrica                     | Modulo HU-10S             |
| Rango de Voltaje de Operación            | Voltaje DC 5.0 $\pm$ 0.1V |
| Rango de Voltaje de Salida               | Voltaje DC 1.0 - 3.0V     |
| Corriente de Operación (Max)             | 2mA                       |
| Rango de Humedad de Operación (%RH)      | 20 – 90                   |
| Estabilidad en trabajo de larga duración | $\pm$ 1.5%                |
| Linealidad                               | Salida Lineal             |
| Tiempo de Respuesta (63% del alcance)    | 1 min                     |
| Tamaño (Longitud x Anchura)              | 34mm x 22mm               |

Características eléctricas del sensor de humedad HU- 10S

Este sensor se encuentra ubicado en la segunda sección del galpón (figura III.63) [ANEXO 11].



**Figura III. 63** Sensor de humedad HU-10S

### **3.5.1.6. SENSOR DE TEMPERATURA**

Termocupla tipo k (figura III.64). En el sistema se utilizan dos sensores de este tipo, conectados uno en cada sección.



**Figura III. 1** Sensor de temperatura tipo K

Este tipo de sensores requiere de un cable especial para su conexión, por lo cual se utilizó el CABLE P/ TERMOCUPLA C105/C106/C107 APANTALLADO (Figura III.25), El mismo que evita cualquier tipo de interferencia, ya que los sensores están conectados a una distancia aproximada de 30 metros.

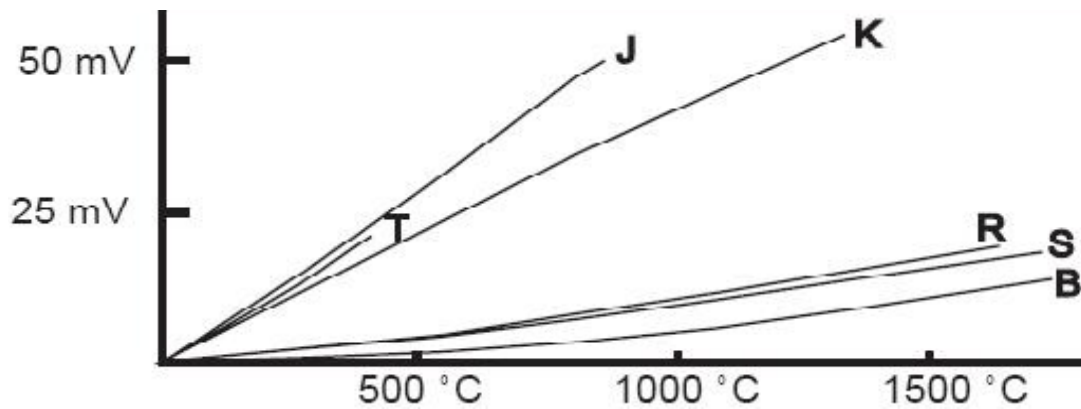




**Figura III. 2**

**Figura III.65 CABLE P/ TERMOCUPLA C105/C106/C107 APANTALLADO**

La termocuplas tipo k se caracterizan por la curva lineal (Figura III.66) y presenta buena reproductibilidad hasta 1200 ° C, proporcionando 0.04 mV/° C, contiene alta resistencia a la corrosión y a la oxidación, su rango es continuo hasta llegar a los 1300 ° C suficiente para nuestro sistema de control.



**Figura III. 3 Curva característica de termocuplas**

Este sensor se conecta a un modulo de expansión SM 1231 TC de SIEMENS el mismo que amplifica y acondiciona la señal, [VER ANEXO 13] (figura III.67), esta señal en el sistema es presentada en una pantalla HMI.



**Figura III. 4** SM 1231 TC de SIEMENS

La verificación de la temperatura dentro del galpón se realizó utilizando termómetros de mercurio (figura III.68).

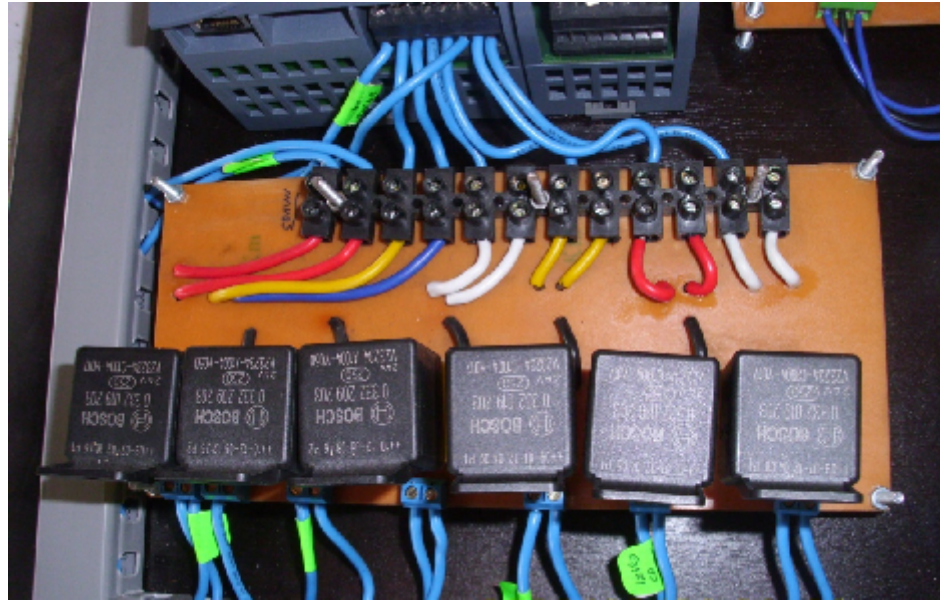


**Figura III. 5** Termómetro y HMI SIEMENS

### **3.5.2. ACTUADORES O SALIDAS.**

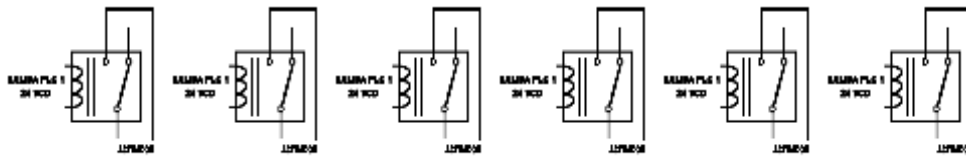
Instalados en el galpón según las características del mismo [ANEXO 3 Y 4], y colocadas en función de las necesidades del sistema de control [VER ANEXO 11].

Para la conexión de cada uno las salidas se utilizan relés a 24 VCD – 30 AMPERIOS, suficiente para la activación de los actuadores. Todos estos conectados a las salidas del PLC (figura III.69), protegiéndolo.



**Figura III. 6 RELES 24 VCD - 30 AMPERIOS**

Cada uno de estos relés están conectados a los actuadores según el siguiente diagrama:



**Figura III. 7 RELES 24 VCD - 30 AMPERIOS, CONEXIÓN**

### 3.5.2.1. LUZ PILOTO ROJA

Conectado a la salida Q.0 del PLC, funcionando como indicador de “PARO” general del sistema, es decir, indica que están deshabilitados todos los actuadores (salidas).

### 3.5.2.2. LUZ PILOTO VERDE

Indica que el sistema esta encendido y listo para operar.

### 3.5.2.3. MOTORES:

Conectados por medio de un puente h de potencia (Figura III.71), en la salida Q.1 y Q.2 del PLC.

### 3.5.2.4. PUENTE H DE POTENCIA

(Figura III.71) Controla la inversión de giro de los motores de DC. Haciendo que las cortinas bajen y suban según las necesidades del sistema de control.

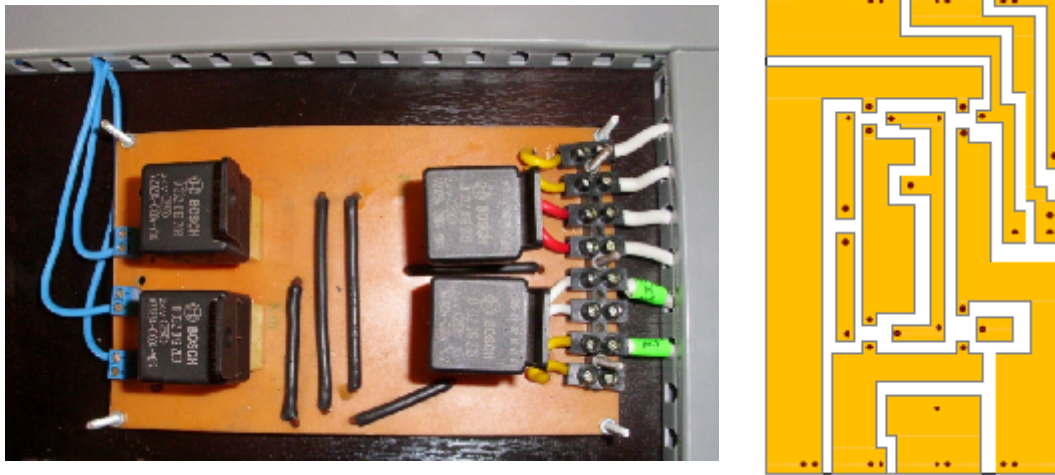


Figura III. 8 PUENTE H DE POTENCIA

### 3.5.2.5. VENTILADOR

Conectado a la salida Q.3 del PLC, es utilizado para: ventilación, disminuir la temperatura, generar un flujo de calor cuando las criadoras están activas, controlar la humedad y obtener la ventilación mínima interior del galpón.

### 3.5.2.6. GENERADOR DE CHISPA

Conectado a la salida Q.4 del PLC, genera una chispa para encender las criadoras, aumentando la temperatura interior del galpón.

### 3.5.2.7. ELECTROVALVULA

Electroválvula de dos vías, dos posiciones, 12 VCD (figura III.72), conectado a la salida Q.5 del PLC, una vez activada deja pasar el gas, y en conjunto con el circuito generador de chispa encienden las criadoras.

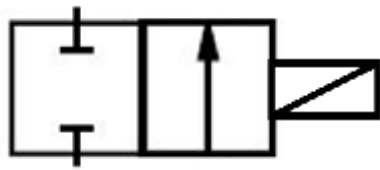


Figura III. 9 Electroválvula 2/2, 12 VCD

### 3.5.2.8. HMI SIEMENS

Las comunicación entre PC-PLC y PLC-HMI y HMI PLC, utiliza PROFINET, un protocolo industrial que ofrece funcionamiento en “**tiempo real**” para datos de E/S cíclicos a mas de una comunicación fácil, rápida, flexible y abierta (figura III.73).



Figura III. 10 HMI SIEMENS KTP 400 BASIC MONO PN

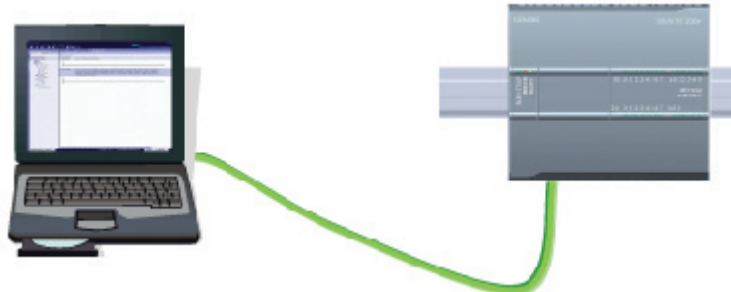
La CPU S7-1200 Y la HMI SIMATIC incorpora un puerto PROFINET que soporta las normas Ethernet y de comunicación basada en TCP/IP. La CPU S7-1200 soporta los siguientes protocolos de aplicación:

1. Transport Control Protocol (TCP)
2. ISO on TCP (RFC 1006)

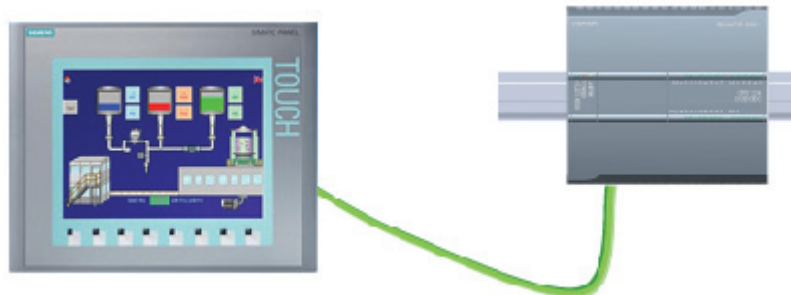
La CPU S7-1200 puede comunicarse con otras CPUs S7-1200, programadoras STEP 7 Basic, dispositivos HMI y dispositivos no Siemens que utilicen protocolos de comunicación TCP estándar. Hay dos formas de comunicación vía PROFINET:

1. Conexión directa: La comunicación directa se utiliza para conectar una programadora, dispositivo HMI u otra CPU a una sola CPU.
2. Conexión de red: La comunicación de red se utiliza si deben conectarse más de dos dispositivos (p. ej. CPUs, HMIs, programadoras y dispositivos no Siemens).

Para nuestro sistema se utiliza la conexión directa:



**Figura III. 11** Conexión directa: Programadora-PLC



**Figura III. 12** Conexión directa: HMI-PLC



**Figura III. 13** Conexión directa: PLC – PLC

#### **3.5.2.8.1. ASIGNAR DIRECCIONES IP A LOS DISPOSITIVOS DE PROGRAMACIÓN Y RED.**

1. Si la programadora incorpora una tarjeta adaptadora conectada a la LAN de la instalación (y posiblemente a Internet), la ID de red de la dirección IP y la máscara de subred de la CPU y la tarjeta adaptadora integrada en la programadora deberán ser idénticas. La ID de red es la primera parte de la dirección IP (los tres primeros octetos) (p. ej. 211.154.184.16) y determina la red IP utilizada. Normalmente, la máscara de subred tiene el valor 255.255.255.0. No obstante, puesto que el equipo está integrado en una LAN corporativa, la máscara de subred puede tener distintos valores (p. ej. 255.255.254.0) para configurar subredes unívocas. Al combinar la máscara de subred con la dirección IP del dispositivo en una operación “Y” matemática se definen los límites de la subred IP.

**IMPORTANTE**

*En Internet, puesto que las programadoras, dispositivos de red y routers IP se comunican con el mundo entero, preciso asignar direcciones IP unívocas para evitar conflictos con otros usuarios de la red*

2. Si la programadora utiliza una tarjeta adaptadora Ethernet-USB conectada a una red aislada, la ID de red de la dirección IP y la máscara de subred de la CPU y la tarjeta adaptadora Ethernet-USB integrada en la programadora deberán ser exactamente iguales. La ID de red es la primera parte de la dirección IP (los tres primeros octetos) (p. ej. 211.154.184.16) y determina la red IP utilizada. Normalmente, la máscara de subred tiene el valor 255.255.255.0. Al combinar la máscara de subred con la dirección IP del dispositivo en una operación “Y” matemática se definen los límites de la subred IP.

### **IMPORTANTE**

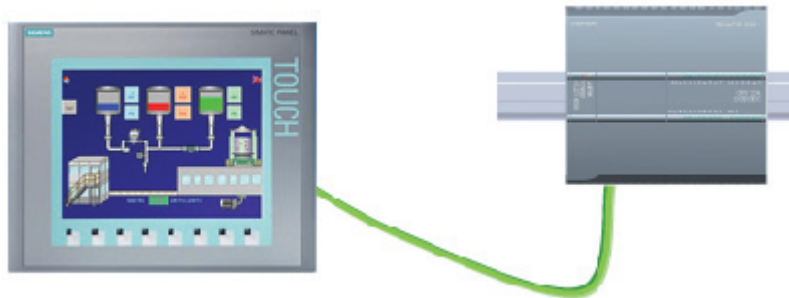
*Una tarjeta adaptadora Ethernet-USB es apropiada si la CPU no debe integrarse en la LAN corporativa. Esta opción es especialmente útil durante la comprobación inicial o los tests de puesta en marcha.*

#### **3.5.2.8.2. MÉTODOS DE DIRECCIONAMIENTO IP.**

Para asignar una dirección IP a una CPU, se utiliza uno de los métodos siguientes:

1. Asignar una dirección IP online.
2. Configurar una dirección IP en el proyecto.

#### **3.5.2.8.3. COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS HMI Y EL PLC**



**Figura III. 14** Conexión directa: HMI-PLC

La CPU soporta conexiones PROFINET con dispositivos HMI. Los siguientes requisitos deben considerarse al configurar la comunicación entre CPUs y HMIs:

#### **3.5.2.8.4. CONFIGURACIÓN/INSTALACIÓN**

- El puerto PROFINET de la CPU debe configurarse para poder establecer una conexión con el HMI.

- El HMI se debe instalar y configurar.
- La información de configuración del HMI forma parte del proyecto de la CPU y se puede configurar y cargar desde el proyecto.
- Para la comunicación entre dos interlocutores no se requiere un Switch Ethernet. Un Switch Ethernet se requiere sólo si la red comprende más de dos dispositivos.

#### **3.5.2.8.5. FUNCIONES SOPORTADAS:**

- El HMI puede leer/escribir datos en la CPU.
- Es posible disparar mensajes, según la información consultada de la CPU.
- Diagnóstico del sistema.

#### **3.5.2.8.6. DISEÑO DE IMAGENES HMI**

La HMI representa el medio de interacción entre un usuario y un determinado hardware, para el caso de control de procesos la HMI, debe ser capaz de mostrar al usuario datos básicos de todo sistema de control de procesos, tales como variable de proceso, variable de control y set point, todo esto presentado a tiempo real, es decir en el momento mismo de la ejecución de las diferentes variaciones.

Se recomienda que una HMI contenga tanto componentes gráficos como componentes numéricos. Asimismo, debe utilizarse terminología estandarizada y clara para el usuario final. También, se recomienda que las variables de proceso, set point y variable de control sean lo más clara posible para el usuario; asimismo, se debe mantener un registro histórico de las variaciones ocurridas, esto con el fin de estudiar su comportamiento y poder realizar las predicciones respectivas. En resumen, un HMI debe proporcionar una explicación transparente y oportuna en tiempo real de lo que ocurre en el proceso.

#### **3.5.2.8.7. ESTRUCTURACIÓN DE IMÁGENES**

El diseñar una HMI conlleva una serie consideraciones de estructuración de imágenes con la finalidad de que el objeto cumpla con las expectativas y facilite el trabajo de los usuarios finales.





Figura III. 15 Estructuración de imágenes

### 3.5.2.8.15. PANTALLAS E IMÁGENES PRINCIPALES

#### 3.5.2.8.8.1. PRESENTACIÓN

Caratula principal del sistema.



Figura III. 16 Presentación HMI

### 3.5.2.8.8.2. MENÚ

Menú de opciones permite escoger una opción específica de control, monitoreo y configuración de valores para el sistema.

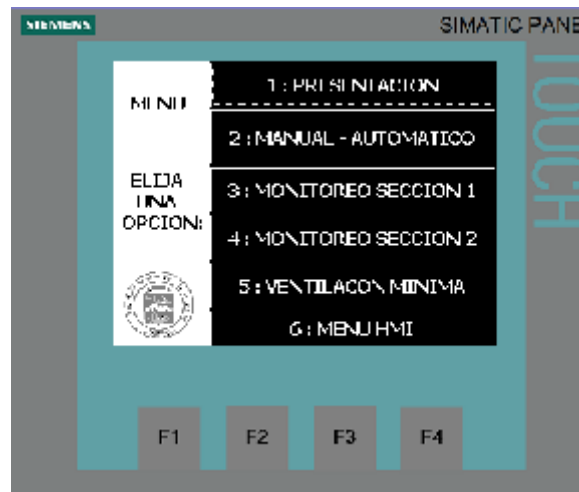
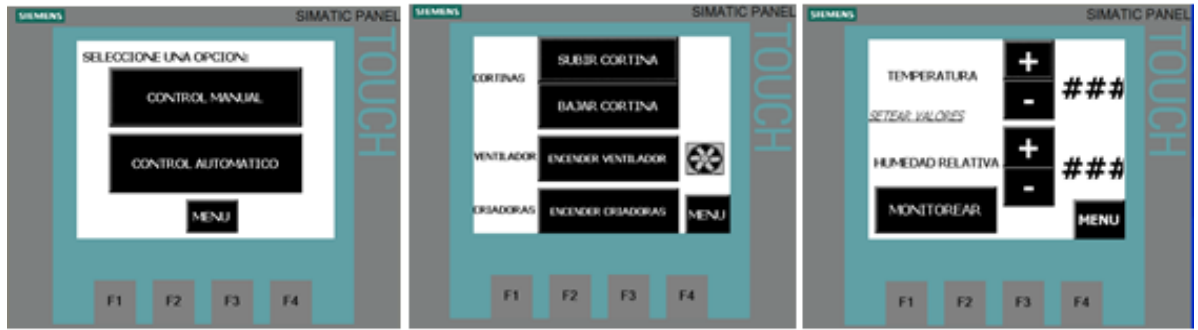


Figura III. 17 Menú HMI

### 3.5.2.8.8.3. MANUAL/AUTOMÁTICO

Permite tener acceso a las configuraciones de los valores de SET POINT para el trabajo en modo automático, además de las funciones del modo manual.

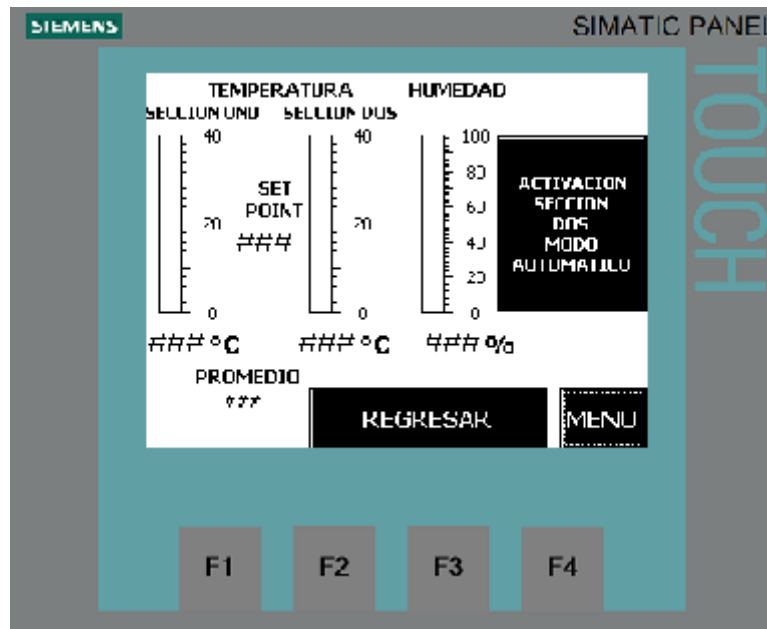


a) Selección manual/ automático      b) Activación de actuadores      de      c) SET POINT

**Figura III. 18** Controles Manual/Automático HMI

#### 3.5.2.8.8.4. MONITOREO SECCIONES 1 Y 2

Presenta en tiempo real los valores de temperatura y humedad relativa a más de permitir la activación del modo automático.



**Figura III. 19** Montoreo Sección 2 HMI.

#### 3.5.2.8.8.5. VENTILACIÓN MÍNIMA

Activa o desactiva la ventilación mínima del galpón.



Figura III. 20 Ventilación Mínima HMI.

#### 3.5.2.8.8.6. CONFIGURACIÓN HMI

Brinda la oportunidad de manejar el contraste de la HMI.

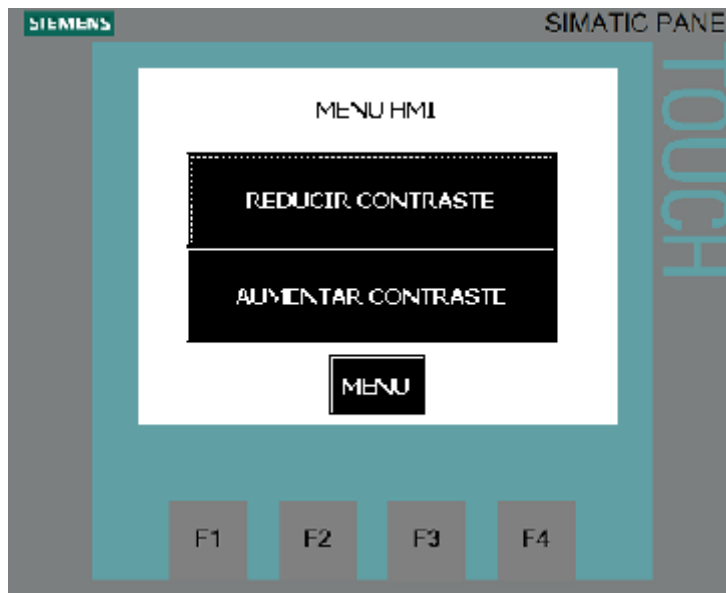


Figura III. 21 Configuración de contraste HMI.

#### 3.5.3. FUNCIONAMIENTO GENERAL

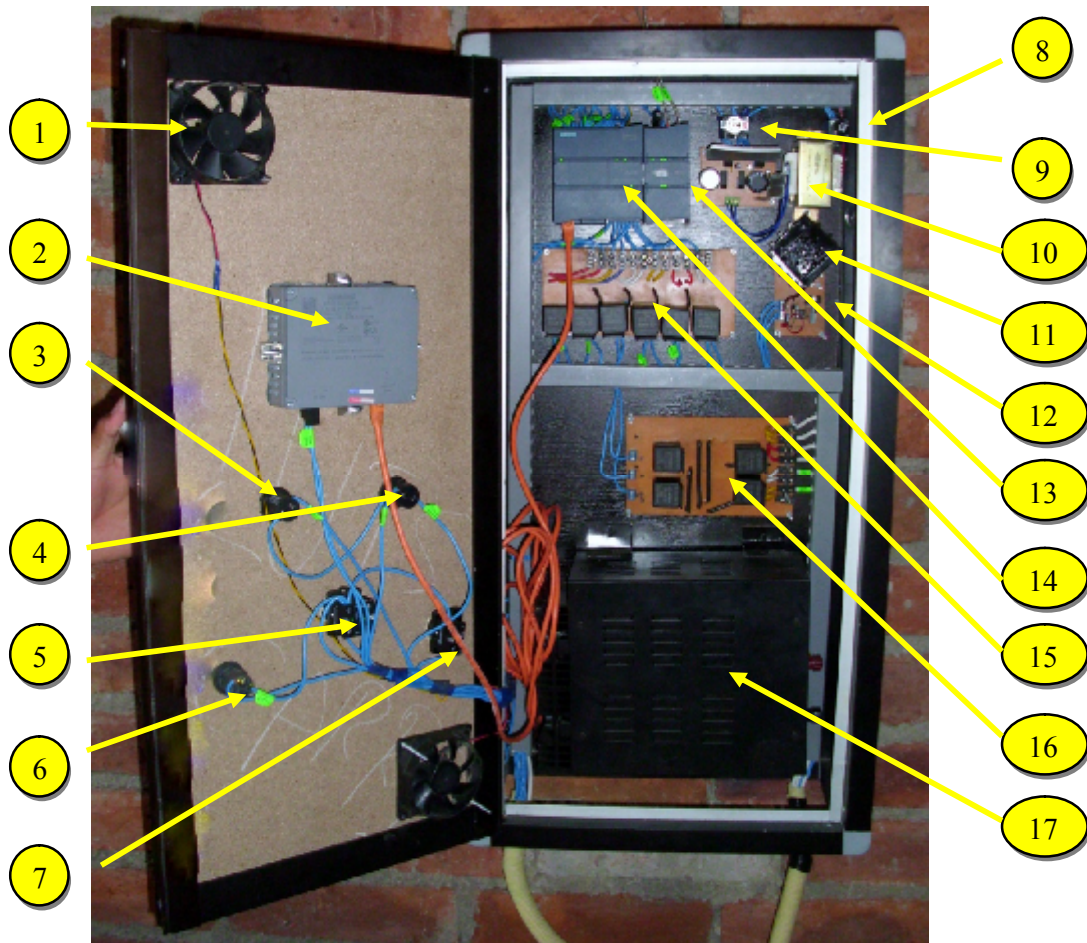
El sistema de control automático diseñado con sus entradas y salidas funciona de la siguiente manera:

Al alimentar el sistema con 110 VCA, se enciende la luz piloto verde (figura III.85.4) indicando que el sistema está listo para funcionar. En la entrada del PLC, y de todos los circuitos del sistema que trabajan a baja corriente, se utiliza un fusible de 3 amperios (figura III.85.8) que sirve de protección.

Para la fuente de alta corriente se utiliza un fusible de 22 amperios; y, para enfriar los dispositivos electrónicos se utiliza ventiladores (figura III.85.1), los cuales se encienden al iniciar el sistema.

Para iniciar el sistema se utiliza un Switch (figura III.85.9) colocado a la entrada de todos los dispositivos del sistema.

El sistema cuenta con dos pulsadores para seguridad. Un pulsador rojo o STOP el cual al ser presionado deshabilita todas las salidas; y, la única forma de habilitar las mismas es presionado el pulsador verde o RESET.



**Figura III. 22** Parte interna del tablero principal del sistema de control

Descripción de la figura III.45:

| DISPOSITIVO                | DESCRIPCIÓN                   |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1.- Ventiladores frontales | Enfría fuentes de poder 1 y 2 |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 2.- HMI SIEMENS                    | Interfaz hombre – maquina                                    |
| 3.- Luz piloto roja                | Indicador de paro general del sistema                        |
| 4.- Luz piloto verde               | Indicador que el sistema está listo                          |
| 5.- Selector – manual / automático | Selecciona modo manual o automático                          |
| 6.- Pulsador rojo                  | Pulsador para parar el sistema (STOP)                        |
| 7.- Pulsador verde                 | Pulsador para resetear el sistema (RESET)                    |
| 8.- Fusible                        | Fusible de protección del sistema                            |
| 9.- Switch                         | Interruptor de encendido general del sistema                 |
| 10.- Fuente de poder 1             | Fuente de 5VCD, 12 VCD y 24 VCD a 3 A.                       |
| 11.- Ventilador encendedor         | Enfría circuito del encendedor                               |
| 12.- Circuito encendedor           | Circuito generador de chispa                                 |
| 13.- SM 1231 TC de SIEMENS         | Modulo de expansión para acondicionamiento de termocuplas    |
| 14.- PLC S7 1200                   | Controlador lógico programable de SIEMENS                    |
| 15.- Relés                         | Relés para activación de actuadores                          |
| 16.- Puente H de potencia          | Circuito que permite girar a motores en DC en ambos sentidos |
| 17.- Fuente de poder 2             | Fuente de 12 VCD a 22 A                                      |

**Tabla III. XI** características internas del tablero de control

Una vez que el sistema se haya encendido, la pantalla HMI mostrará una imagen de presentación (figura III.79), al presionar la tecla MENÚ de esta, la pantalla mostrará una nueva imagen (figura III.80), con un menú de trabajo.

Las principales opciones del MENÚ están relacionadas al manejo de los actuadores en modo manual (figura III.81.a) (figura III.81.b) y en modo automático.

El modo manual, permite al operario seleccionar que actuador desea activar o desactivar según sea el caso.

El modo automático, una vez configurado hará que el sistema funcione de manera autónoma llevando un control de temperatura y humedad relativa en tiempo real.

## **CAPITULO IV**

### **MANUAL DE MANEJO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL GALPÓN N: 1 DE LA AVÍCOLA REINA DEL CISNE.**

#### **4.1. INTRODUCCIÓN**

El sistema de control de temperatura y humedad relativa del galpón N: 1 de la avícola REINA DEL CISNE, es un sistema que permite llevar un control y monitoreo constante de variables específicas (temperatura y humedad relativa), y permite mantener durante todo el tiempo de forma autónoma las condiciones adecuadas para la crianza de pollos.

#### **4.2. ALCANCE**

En este manual se describen las especificaciones de configuración y manejo del sistema de control de temperatura y humedad relativa del galpón N: 1 de la avícola REINA DEL CISNE..

#### **4.3. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA**

El sistema funcionara bajo parámetros de confiabilidad con voltajes de 121 V (+ -) el 5%, el sistema no se enciende automáticamente, la alimentación de los motores es independiente y trabaja con una fuente de corriente directa de 12 V, la alimentación para la fuente y el resto de componentes y tarjetas electrónicas es común, y debe estar conectada bajo los parámetros de voltaje alterno especificados anteriormente.

#### **4.4. ENCENDIDO Y APAGADO DEL SISTEMA**

El apagado o encendido del sistema lo podrá hacer directamente desde el panel de control principal a través del Switch para este efecto.

#### **4.5. FUNCIONE DEL SISTEMA**

El sistema permite llevar un control y monitoreo constante de variables de temperatura y humedad relativa, a más de mantenerlas dentro de los parámetros de trabajo especificados durante todo el tiempo, de forma autónoma.

Admite el trabajo y con figuración bajo dos condiciones diferentes, dividiéndolos en secciones, siendo estas dependientes de la edad y tamaño del pollo.

- Monitorización de las condiciones de temperatura y humedad relativa del interior del galpón, en tiempo real.
- Controla y evita los cambios bruscos de temperatura y humedad relativa en el interior del galpón.
- Controla la operación de encendido y apagado de las criadoras, la apertura y cierre de las cortinas, y el control de ventilación mínima.
- Permite realizar operaciones en modos manual y automático.
- Permite la reconfiguración del sistema en cualquier momento.



#### 4.6. SIMBOLOGÍA

| SIMBOLOGIA  |   |
|---|---|
| SIMBOLO   | DESCRIPCION                                 |
|  | Información importante. Consulte el manual. |
|  | Tensión Peligrosa                           |
|  | Conexión a Tierra                           |
|  | Corriente Continua                          |

Tabla IV. XII Simbología.

#### 4.7. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Por favor, lea esta sección detenidamente. Le permitirá familiarizarse con las instrucciones de seguridad más importantes para utilizar el sistema.

En las **Advertencias** se identifican situaciones y acciones que representan peligros para la seguridad del usuario; en las **Precauciones** se identifican situaciones y acciones que podrían causar daños al sistema.

#### 4.8. ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES

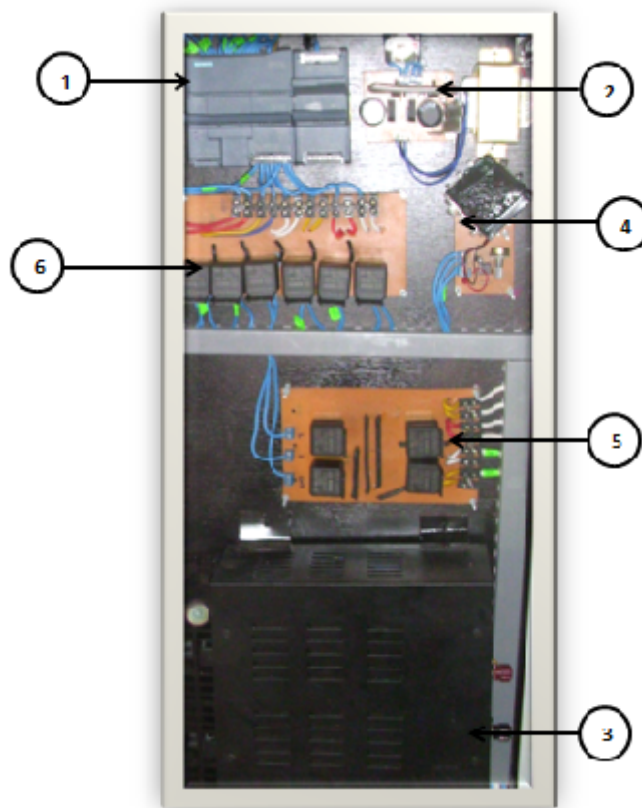
- Para evitar descargas eléctricas evite el contacto con los conductores de alimentación del sistema, la fuente de voltaje de corriente directa, y todo dispositivo eléctrico o electrónico del sistema.
- Para evitar dañar el sistema electrónico y eléctrico, evite manipular cualquiera de sus componentes.
- Para evitar dañar el equipo no conecte el sistema a fuentes de alimentación externas que puedan entregar mayor o menor voltaje al 5% del voltaje especificado.
- Para evitar posibles golpes o lesiones e incluso shocks eléctricos no debe tener contacto con los dispositivos electrónicos ni mecánicos o electromecánicos como motores, poleas, etc.
- Manténgase alejado en todo momento alejado del dispositivo eléctrico para encendido de las criadoras puede causar electrocutamiento.
- Apague el sistema antes de realizar cualquier trabajo en el sistema mecánico, corre el riesgo de sufrir serias lesiones físicas.

- Evite dar mantenimiento al sistema si lo necesita contactase con el personal calificado.
- No exponga el sistema al vaho o a la humedad.
- Para evitar daños permanentes al sistema utilícelo bajo las especificaciones y condiciones adecuadas.
- Antes de poner en marcha el sistema verifique que todo esté funcionando correctamente.

#### 4.9. PERSONAL CUALIFICADO

El personal asignado para el manejo y manipulación del sistema deberá ser capacitado y tener la facilidad para la toma de decisiones.

#### 4.10. EQUIPO Y ACCESORIOS.



**Figura IV. 86** Equipos y Accesorios

**1.-Controlador lógico programable (PLC) Siemens s7-1200.-** Es el cerebro y la parte principal del sistema.

**2.-Fuente de alimentación fija de 24, 12 y 5 V de corriente directa.-** Sirve para la alimentación de sensores y HMI.

**3.-Fuente de alimentación de corriente directa de 12V/22A.-** Utilizado para los motores de torque elevado y para el circuito astable elevador de voltaje.

**4.-Circuito astable para elevación de voltaje (12V a 12KV).-** Diseñado para elevar el voltaje de 12 a 12000 voltios.

**5.- Puente H.-** circuito electrónico para el control de giro de los motores.

**6.-Reles de protección para el PLC.**

**Interface Hombre Maquina (HMI).**

Permite visualizar en tiempo real los datos de temperatura y humedad relativa a más de servir de medio para las configuraciones del sistema de control.



**Figura IV. 87 HMI**

#### **Ventilador extractor FV-08VKL3**

Utilizado para la ventilación del galpón



**Figura IV. 88 Ventilador FV-08VKL3**

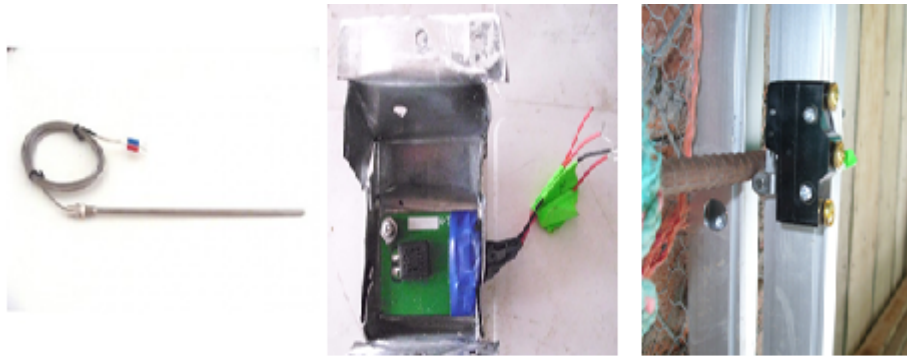
#### **Motores de corriente directa de torque elevado.**

Utilizados para la apertura o cierre de las cortinas.



**Figura IV. 89** Motores de corriente directa de torque elevado.

**Sensores de humedad, temperatura y posición.**



**Figura IV. 90** Sensores de humedad, temperatura y posición.

**Bovina elevadora de tensión BOSCH.**

Eleva el voltaje de trabajo para encendido de las criadoras de 12 a 12000 voltios.




**Figura IV. 91** Bovina elevadora de tensión BOSCH.

### Electroválvula de control de paso de gas.



Figura IV. 92 Electroválvula de control de paso de gas.

### 4.11. CONFIGURANDO AL SISTEMA PARA FUNCIONAMIENTO.

 Previo a la configuración y puesta en marcha del equipo, verifique que todas las partes del sistema estén completamente funcionales y funcionen adecuadamente.

#### 4.11.1. CONFIGURACIÓN.

##### 4.11.1.1. TRABAJO MANUAL.

En el menú principal del sistema escoja la opción “2: MANUAL - AUTOMÁTICO”, seleccione luego control manual, y en la botonera principal coloque al selector en modo manual, esta opción le permitirá tener un control manual de las cortinas, el ventilador y las criadoras.



Figura IV 93.a Menu Principal



Figura IV 93.b Control Manual.

Figura IV. 93 manual automático

Una vez realizado las opciones que requiera en modo manual puede regresar al menú principal PRESIONANDO EL BOTÓN “MENÚ”.

#### 4.11.1.2. CONFIGURACIÓN Y TRABAJO EN MODO AUTOMÁTICO.

En este modo, el sistema una vez seteados los valores trabajara de manera automática, bajo dos secciones las cuales están claramente delimitadas y definidas por el crecimiento del pollo y ocupamiento del galpón, de tal manera que en su primera fase de crianza y ocupamiento se seleccionara para configuración la SECCIÓN 1, en los demás casos se seleccionara la configuración bajo la SECCIÓN 2.

Para el trabajo en el modo automático, el sistema necesitara que el operador configure los valores de temperatura y humedad relativa (set points), y seleccione la sección, a los parámetros que se desee que trabaje el sistema.

##### 4.11.1.2.1. INGRESANDO SET POINT.

En el menú principal del sistema escoja la opción “2: MANUAL - AUTOMÁTICO”, seleccione luego control automático, seleccione la sección de trabajo, en la botonera principal coloque al selector en modo automático, esta opción le permitirá ingresar al modo de configuración de set point del sistema.

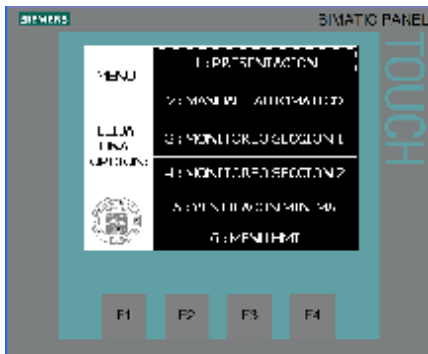


Figura IV 94.a Menu Principal

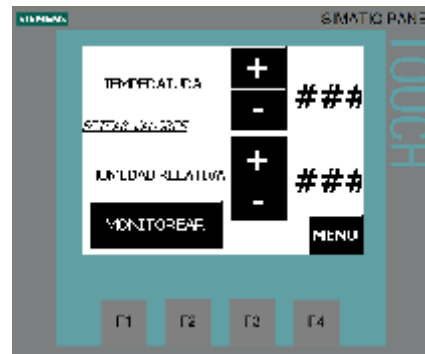


Figura IV 94.b Ingreso Set Point.

Figura IV. 94 Menú principal + set point

Una vez configurados los valores de set point se debera activar el modo automático, para ello se debera ingresar desde el menú principal a las opciones 3 o 4 del sistema, según la seccion que corresponda o haya sido configurada; y seleccionar el boton activar sección modo automático.

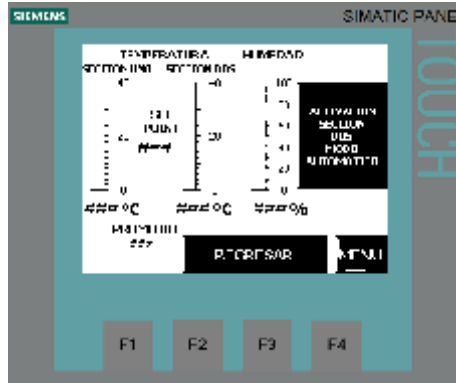


Figura IV. 95 Monitoreo y activación sección dos.

#### 4.11.1.3. FUNCIONES DE MONITOREO

Las funciones de monitoreo le permitirá visualizar en tiempo real los datos de temperatura y humedad presentándolos numéricamente y a nivel de barras tanto de la sección 1 como de la sección 2.

Para acceder al modo de monitoreo de datos en el menú principal seleccione las opciones 3 o 4 y accederá directamente al modo de visualización de datos, a mas de que en este modo usted podrá confirmar la activación del modo automático.

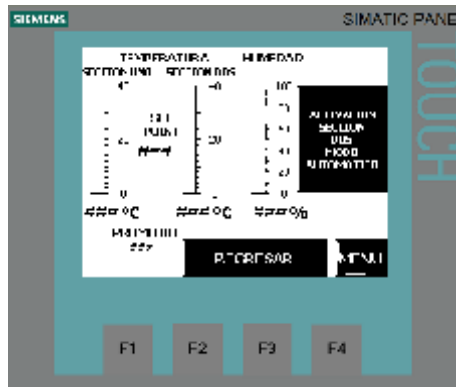


Figura IV. 96 Monitoreo y activación sección dos.

#### 4.11.1.4. VENTILACIÓN MÍNIMA

Esta opción le permitirá realizar un control de ventilación mínima para el control de temperatura del galpón recomendada.

Para entrar al modo de ventilación mínima seleccione en el menú principal la opción 5 y accederá a una imagen la cual le permitirá activar o desactivar esta.

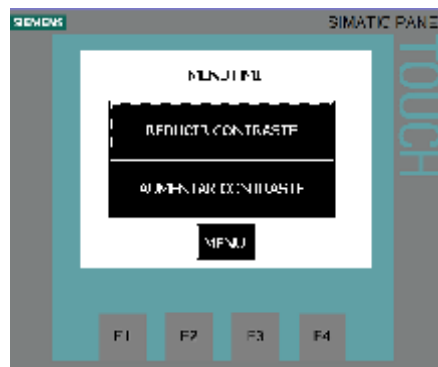


**Figura IV. 97** Ventilación mínima.

#### **4.11.1.5. MENÚ HMI**

Permite manejar las opciones de contraste de la HMI.

Para acceder a este modo seleccione la opción 6 del manual y accederá directamente a las configuraciones de contraste del panel HMI.



**Figura IV. 98** Configuración de Contraste HMI.

#### **4.11.1.6. TRABAJANDO CON EL TABLERO PRINCIPAL**

El tablero principal consta de dos luces piloto de paro y estado de funcionamiento rojo y verde respectivamente, a más de una botonera con dos accionamientos de paro y reset; y, un selector de tres posiciones.





**Figura IV. 99** Tablero Principal.

#### **4.11.1.6.1. FUNCIONES DE STOP Y RESET**

##### **4.11.1.6.1.1. STOP**

Una vez presionado funciona como “PARO” general del sistema, es decir, deshabilita todos los actuadores (salidas), como son: motores, ventiladores y las denominadas criadoras.

##### **4.11.1.6.1.2. RESET**

Una vez presionado después del pulsador STOP habilita todas las salidas (actuadores), esto se lo hace en todo sistema industrial por seguridad (figura III.19.b).

**IMPORTANTE:** Siempre que se pulse el botón de paro es necesario resetear el sistema para ponerlo en funcionamiento, caso contrario se mantendrá bloqueado.

## CAPITULO V

### 5.1. RESULTADOS

Datos obtenidos desde los 14 días de crecimiento de las aves, durante una semana, para lo cual usamos la tabla V.XIII

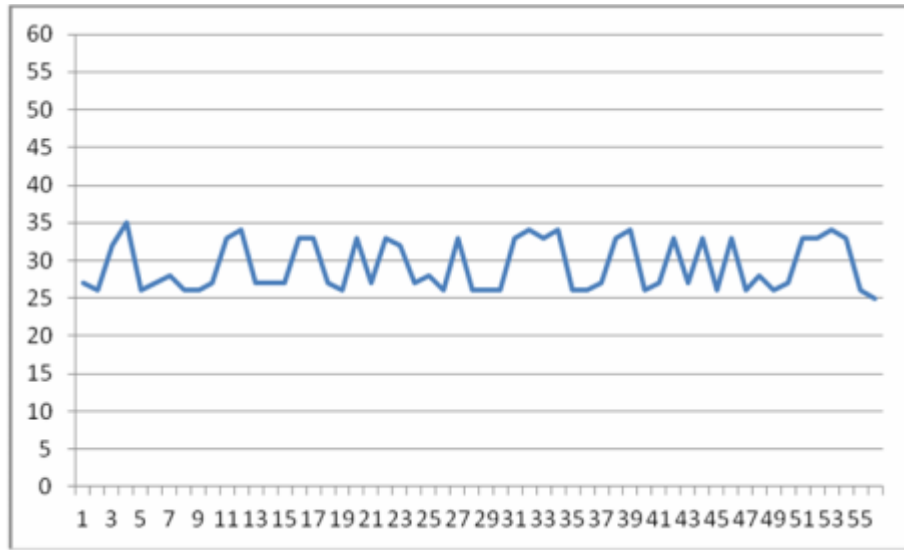
| DATOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD |     |     |      |                  |             |
|--------------------------------|-----|-----|------|------------------|-------------|
| DIA                            | MES | AÑO | HORA | TEMPERATURA [°C] | HUMEDAD [%] |
| X                              | X   | X   | X    | X                | X           |
| X                              | X   | X   | X    | X                | X           |
| X                              | X   | X   | X    | X                | X           |
| RESPONSIBLE:                   |     |     |      |                  |             |

**Tabla V. XIII** Tabla de adquisición de datos de temperatura y humedad

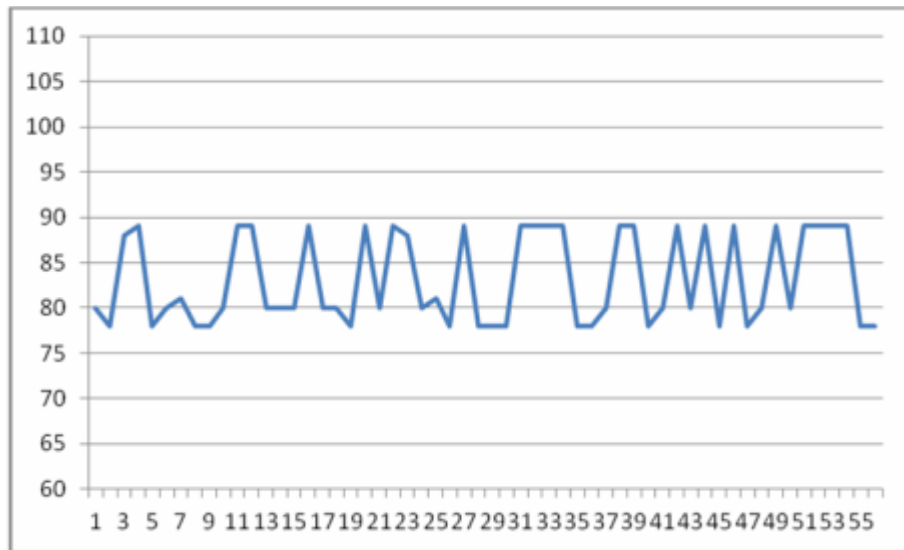
Los datos obtenidos se los realizo cada tres horas, 8 veces al día.

La temperatura y la humedad ideal cuando las aves tienen una edad mayor o igual a los 14 días y menor a los 21, es de 29 a 30 grados centígrados y una humedad de 84 a 86% (6).

Sin utilizar el sistema de control se obtiene la siguientes graficas:



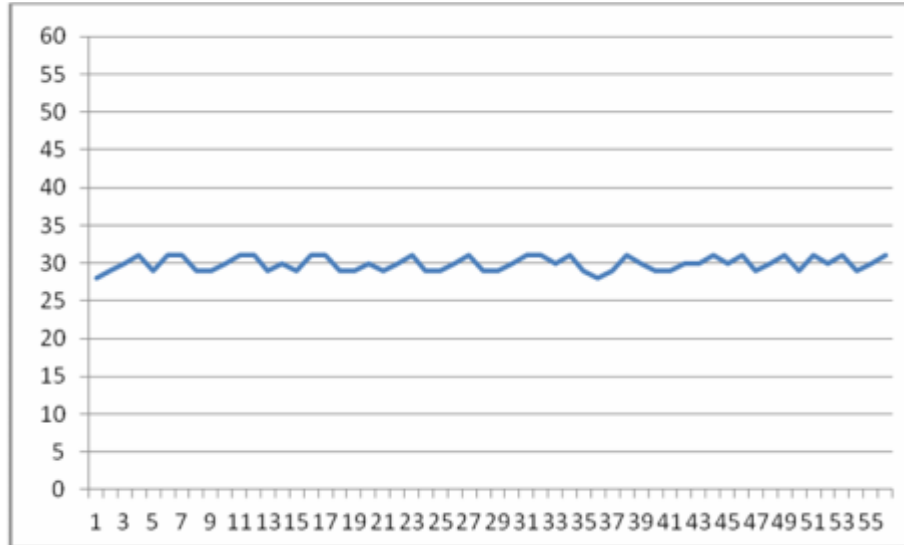
**Figura V. 100** Grafica de temperatura vs tiempo sin sistema de control



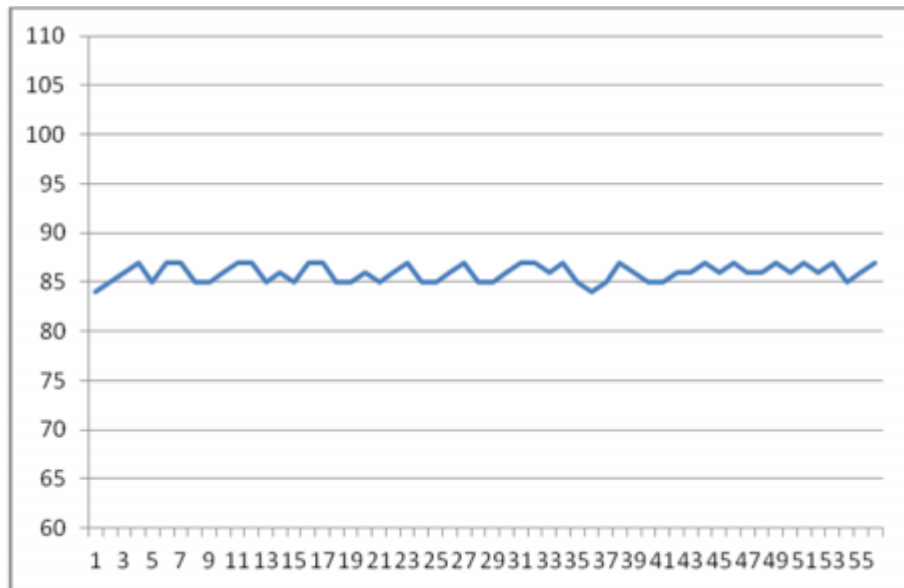
**Figura V. 101** Grafica de humedad vs tiempo sin sistema de control

Sin el sistema de control la temperatura obtiene una eficiencia del 97.61904762 % y la humedad una 97.7941176%.

Utilizando el sistema de control se obtiene la siguiente grafica:



**Figura V. 102** Grafica de temperatura vs tiempo con sistema de control



**Figura V. 103** Grafica de humedad vs tiempo con sistema de control

Con el sistema de control se obtiene una eficiencia 99.70238095% en temperatura y 98.886555% en humedad, con lo que se demuestra que el sistema es eficiente

## CONCLUSIONES

- La elaboración de un manual de operación adecuado garantiza un manejo correcto del sistema y alarga su vida útil.
- La aplicación de los sistemas de automatización electrónicos a los procesos de crianza y engorde de pollos reducen a un mínimo la mortalidad de las aves.
- Un control correcto de la temperatura y humedad relativa en el interior del galpón, durante todo el proceso de crianza, evitan las altas tasas de mortalidad por ingestión de amoníaco.
- La ventilación y calefacción juegan un papel fundamental en la crianza y engorde de los pollos en todas las fases desde su llegada al galpón.
- La ingeniería electrónica en control y redes industriales tiene una amplia gama de aplicación dentro de la industria y esto se debe a que la tecnología mejora la productividad de las mismas.
- Un sistema automático de control genera un sistema organizado, en donde el error humano disminuye o casi es nulo.

## **RECOMENDACIONES**

- Es importante llevar un mantenimiento adecuado y calificado para mantener la integridad y funcionalidad del sistema.
- Seguir las instrucciones de manejo y control del sistema permitirán que este tenga un óptimo desempeño bajo cualquier ambiente de trabajo.
- Antes de activar el modo automático, asegúrese que el valor del set point de la temperatura y humedad sea la deseada.
- No tocar ningún sensor, ya que puede causar interferencia de cualquier tipo.

## RESUMEN

Automatización de un galpón de pollos, para evitar cambios bruscos de temperatura y humedad relativa en el ambiente, de la avícola Reina Del Cisne, ubicada en el barrio san Martin de Veranillo de la ciudad de Riobamba.

En la investigación se aplicó el método analítico, para la evaluación y comparación de los datos de temperatura y humedad relativa recolectados dentro del galpón objeto del proyecto, previos y posteriores a la implementación del sistema de control; y, para la confirmación de los resultados e hipótesis.

Los materiales utilizados para la realización del sistema de control son: un PLC SIEMENS S7 1200, pantalla HMI SIEMENS, fuentes de poder de corriente directa, circuito puente H de potencia, protecciones con relés de 30 amperios, circuito estable generador de chispa, pulsadores, selector, luces piloto tipo alarma de color rojo y verde, termocuplas tipo k, sensores fin de carrera y sensor de humedad. En la parte mecánica del sistema se utilizan motorreductores de corriente directa conectados a un sistema poleas, electrodos de porcelana para la generación de chispa y ventilador centrifugo conectado a un sistema de tuberías para la distribución de aire.

Los resultados obtenidos se los calculó con los datos tomados cada tres horas, 8 veces al día durante una semana, midiendo la temperatura y humedad relativa, estos debían cumplir un rango de temperatura entre 29 a 30 grados centígrados y una humedad relativa de entre 84 a 86%, el cual sin el sistema de control tenía una eficiencia del 97.61%; y, ya con el sistema de un 99.70%, lo que demuestra que el sistema presenta tiempos de respuesta más rápidos para alcanzar y mantener el punto de consigna deseado, mejorando la producción del galpón.

Concluimos que el sistema de control implementado, evita los cambios bruscos de temperatura y humedad relativa, manteniendo a las aves del galpón en condiciones ambientales óptimas y disminuyendo su mortalidad.

Recomendamos tomar las debidas precauciones en el manejo y manipulación del sistema a más de llevar un mantenimiento adecuado y calificado, para mantener su integridad y funcionalidad; y, alargar su tiempo de vida útil.

## **ABSTRACT**

Automation of a Chicken Shed to avoid abrupt changes of temperature and relative humidity in the environment of the poultry "Reina del Cisne", located in San Martin de Veranillo Neighbor, Riobamba city.

The analytic method was applied for the evaluation and comparison of temperature and relative humidity data gathered inside the shed, which is the object of the project before and after the implementation of the control systems and for results and hypothesis confirmation.

The materials used for the execution of control systems were: a PLC SIEMENS S7 1200, screen HMI SIEMENS, power source of direct energy, power bridge H circuit, protection with pump relay of 30 amperes, steady circuit generator of speak, switches, selectors, pilot lights type alarm of red and green color, thermocouples type K, end of career sensor and humidity sensor. In the mechanic part of the system, motors were used of direct energy connected to a pulley system, porcelain electrodes for the generation of spark and centrifuge fan connected to a piping system for the air distribution.

The obtained results were calculated with the date taken every three hours, 8 times a day during a week measuring the temperature and relative humidity, they had to fulfill a temperature rank between 29 and 30 degrees centigrade and a relative humidity between 84 and 86%, which without a control system had an efficiency of 97.61% and with the system a 99.70 % one, what demonstrates that the system presents faster answer times to achieve and maintain the wished instruction point, improving the shed production.

We conclude that the implemented control system avoids abrupt changes of temperature and relative humidity keeping the chickens in optimum environmental condition and decreasing their mortality. We recommend to take the corresponding precautions in the handle of the system and keep an adequate and qualified maintenance to maintain its integrity and functionality and spread its useful time.



## GLOSARIO

**BARLOVENTO.-** Un término marino que indica el sentido contrario al que siguen los vientos dominantes.

**CFM.-** Pies cúbicos por minuto equivale a  $1\text{CFM} = 0.47195\text{ L s}^{-1}$

**CRIADORA.-** Mecanismo para generar calor mediante gas industrial, generalmente usado en la avicultura.

**DIN.-** Regleta para sujetar dispositivos electrónicos.

**E/S.-** Entradas y salidas

**HMI.-** interfaz hombre maquina

**IEC 1131-3.-** Estándares para normalizar los lenguajes de programación usados en automatización industria.

**In.-** Unidad de medida equivalente a  $1\text{ in} = 0,0254\text{ metros}$

**MALACATE.-** (Del nahua malacatl, huso, cosa giratoria), de eje vertical, muy usadas en las minas para extraer minerales y agua.

**MPA.-** Materias primas abrasivas

**NA.-** Normalmente Abierto

**NC.-** Normalmente Cerrado

**NEMA.-** La National Electrical Manufacturers Association (*Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos*)

**PLC.-** Control lógico programable

**RACK.-** Es un soporte metálico destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones.

**RFC.-** (Request for Comments - Petición de comentarios) son documentos en los que se aclaran en profundidad componentes técnicos (por ejemplo, la arquitectura de Internet, la estructura de los protocolos, la forma de las cabeceras de E-Mail, etc.)

**SB. -** Signal Boards

**SET POINT. -** Punto de ajuste de alguna variable de un sistema de control automático.

**SOTAVENTO.-** Un término marino que indica el sentido señalado por los vientos dominantes y que es contrario a barlovento. Es un término ampliamente empleado en Climatología, Geomorfología y, en general, en Geografía Física.

**TCP.-** Protocolo de control de transmisión

## BIBLIOGRAFIA

1. BOLTON., W., Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería., 3a. ed., Guadalajara-México., Alfaomega., 2006., Pp.100-150
2. KATSUHIKO., O., Ingeniería de Control Moderna., 2a. ed., México D.F. – México., Calypso S.A., 1985., Pp. 2-16.
3. MAYOL., A., Autómatas Programables. 3a. ed., México D.F. – México., Colección Productiva., 1987., Pp. 5-31.
4. RAMÍREZ., R., Automatización Problemas Resueltos con Autómatas Programables., México D.F. – México., Paraninfo., 1996., Pp. 16-43.
5. AVICULTURA  
<http://www.mundo-pecuario.com/tema199/aves>  
(2012-01-20)  
<http://pollosengorde.blogspot.com/2009/05.html>  
(2012-03-03)  
<http://www.cobb-vantress.com>  
(2012-03-06)
6. CONTROL LOGICO PROGRAMABLE (PLC)  
<http://www.swe.siemens.com/spain/web/es>  
(2012-04-17)
7. ELECTROVALVULAS  
<http://www.esapyronics.com/pdf/Catalogo/E1112S.pdf>  
(2012-02-21)  
<http://demo.imh.es/Electroneumatica/Ud03/modulos>  
(2012-02-22)
8. MOTORES

<http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf>

(2012-01-25)

#### 9. POLEAS

<http://www.cdeyo.com/CortinasInstrucciones.html>

(2012-02-10)

#### 10. SENSORES

<http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos>

(2012-01-14)

<http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

(2012-02-02)

<http://www.ing.unlp.edu.ar/cys/DI/termocuplas.pdf>

(2012-02-03)

<http://www.gmelectronica.com.ar/catalogo/pag43.html>

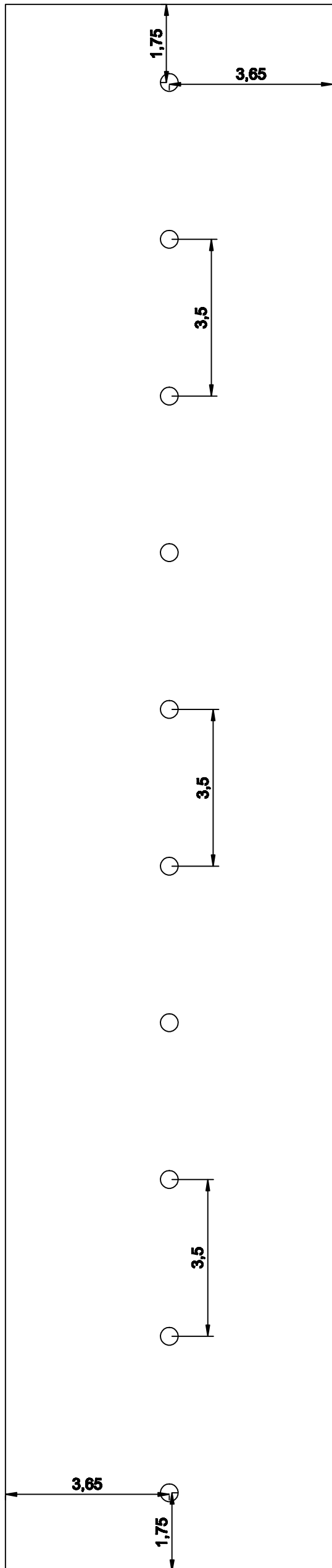
(2012-03-05)

#### 11. VENTILADORES

<http://www.gruberhermanos.com/GRUBER/Castellano>

(2012-04-06)

***ANEXOS***



DIBUJADO POR: MARCO CARRILLO  
JULIO ALLAUCA

FECHA: 01-01-2012

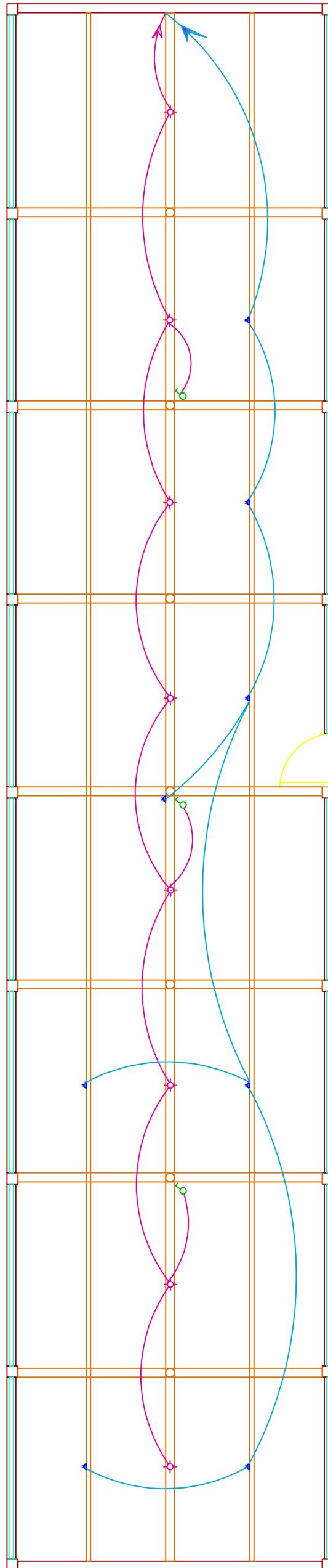
## AVICOLA REINA DEL CISNE

ESCALA:  
1:1

## DISTRIBUCIÓN LUMINARIAS

## ANEXO 1

| LEYENDA |                     |
|---------|---------------------|
| ▲       | TOMACORRIENTE       |
| ⊕       | LUMINARIA           |
| —       | LINEA ILUMINACIÓN   |
| —       | LINEA TOMACORRIENTE |
| ♂       | INTERRUPTOR         |



DIBUJADO POR: MARCO CARRILLO  
JULIO ALLAUCA

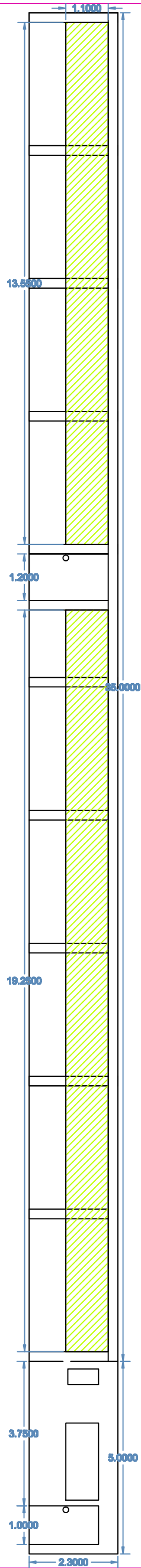
FECHA: 01-01-2012

AVICOLA REINA DEL CISNE

ESCALA:  
1:1

DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

ANEXO 2



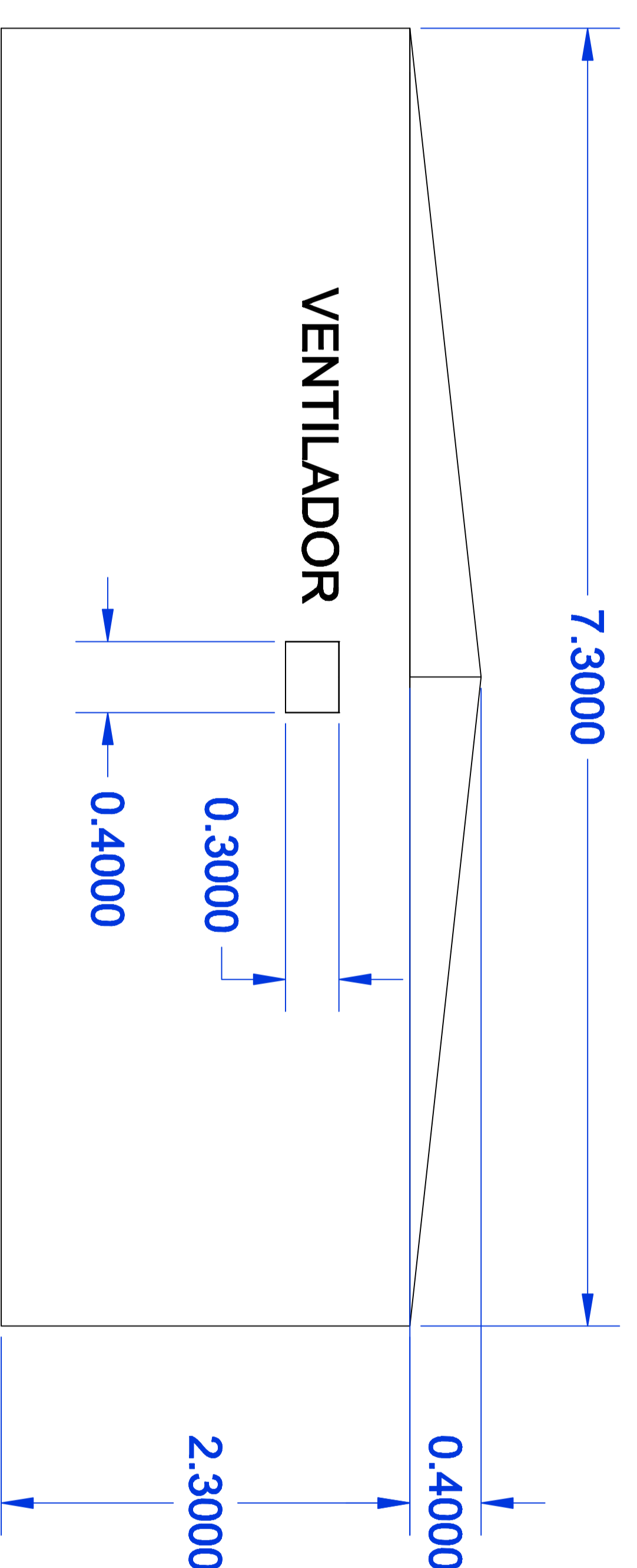
DIBUJADO POR: MARCO CARRILLO  
 JULIO ALLAUCA  
 FECHA: 01-01-2012

## AVICOLA REINA DEL CISNE

ESCALA:  
 1:1

### FRONTAL GALPÓN

### ANEXO 3



DIBUJADO POR: MARCO CARRILLO  
JULIO ALLAUCA

FECHA: 01-01-2012

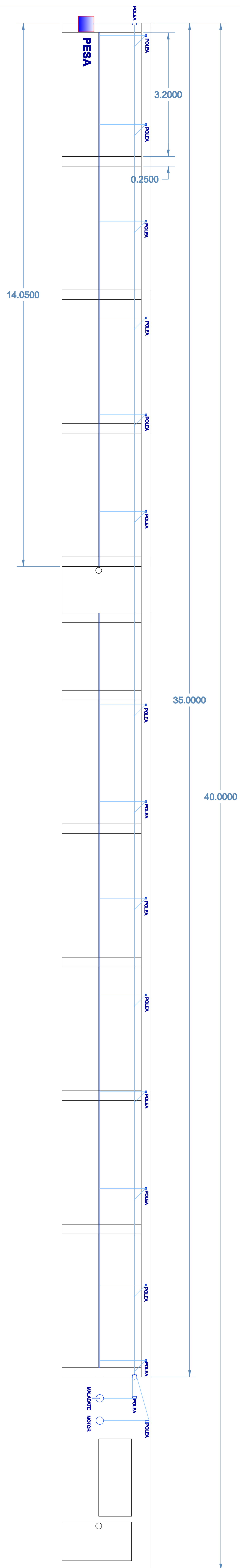
## AVICOLA REINA DEL CISNE

ESCALA:  
1:1

# PARTE LATERAL GALPÓN

# ANEXO 4





DIBUJADO POR: MARCO CARRILLO  
 JULIO ALLAUCA  
 FECHA: 01-01-2012

## AVICOLA REINA DEL CISNE

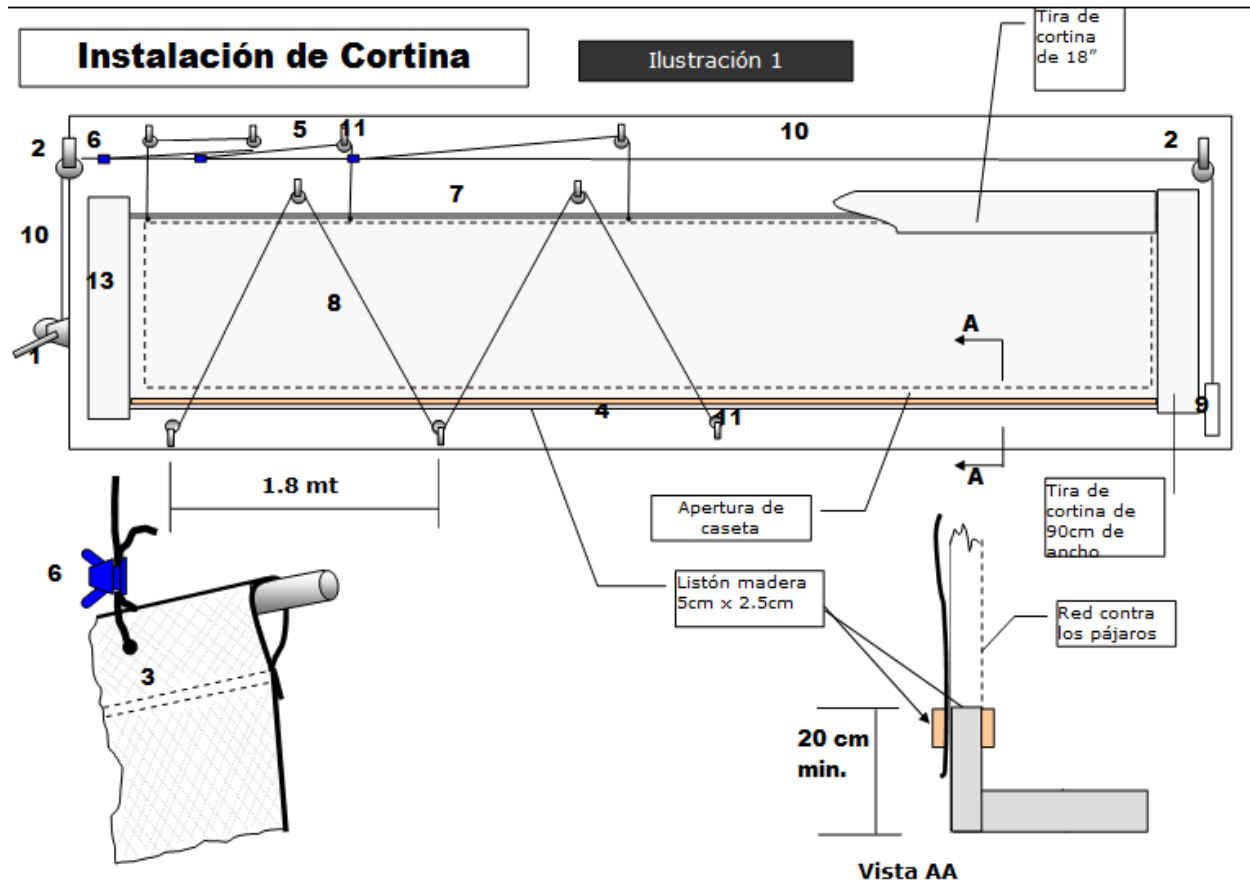
ESCALA:  
 1:1

## SISTEMA DE POLEAS

## ANEXO 5

## ANEXO 6

### SISTEMA DE CIERRE Y APERTURA DE CORTINAS



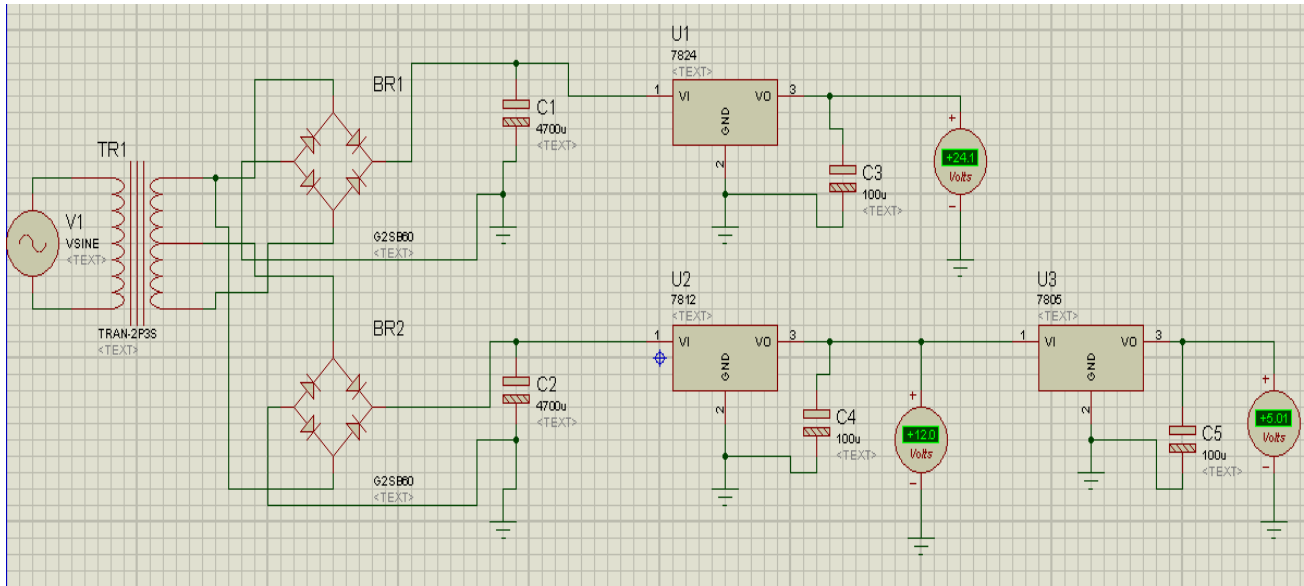
#### Lista de Componentes para Cortinas (Números corresponden a los del Diagrama 1)

|   |   |    |                                    |
|---|---|----|------------------------------------|
| 1 | Malacate para subir y bajar la cortina            | 8  | Rienda                             |
| 2 | Roldana primaria 2-1/2" de acero P/N C111         | 9  | Contrapeso (obtener localmente)    |
| 3 | Dobladillo (costura a maquina)                    | 10 | Cable acero galvanizado            |
| 4 | Cortina entremedio de la pared y listón de madera | 11 | Roldanita Secundaria 3/4" P/N C113 |
| 5 | Cuerda de poliéster                               | 12 | Varilla de acero galvanizado       |
| 6 | Tuerca de apriete manual                          | 13 | Cubiertas de extremos              |
| 7 | Cortina   |    |                                    |

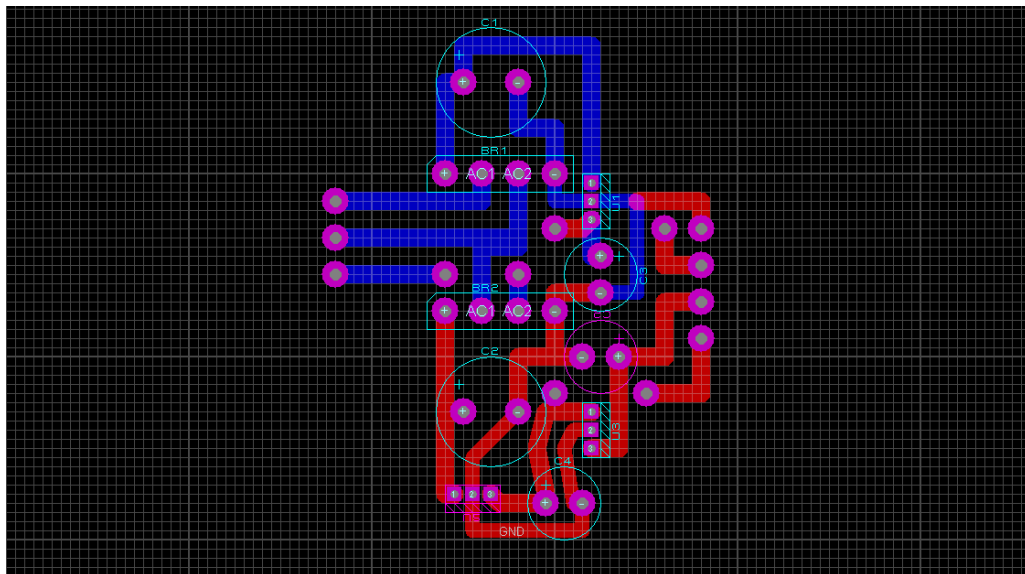
## ANEXO 7

FUENTE DE 5VCD, 12VCD Y 24VCD.

DIAGRAMA DEL CIRCUITO:



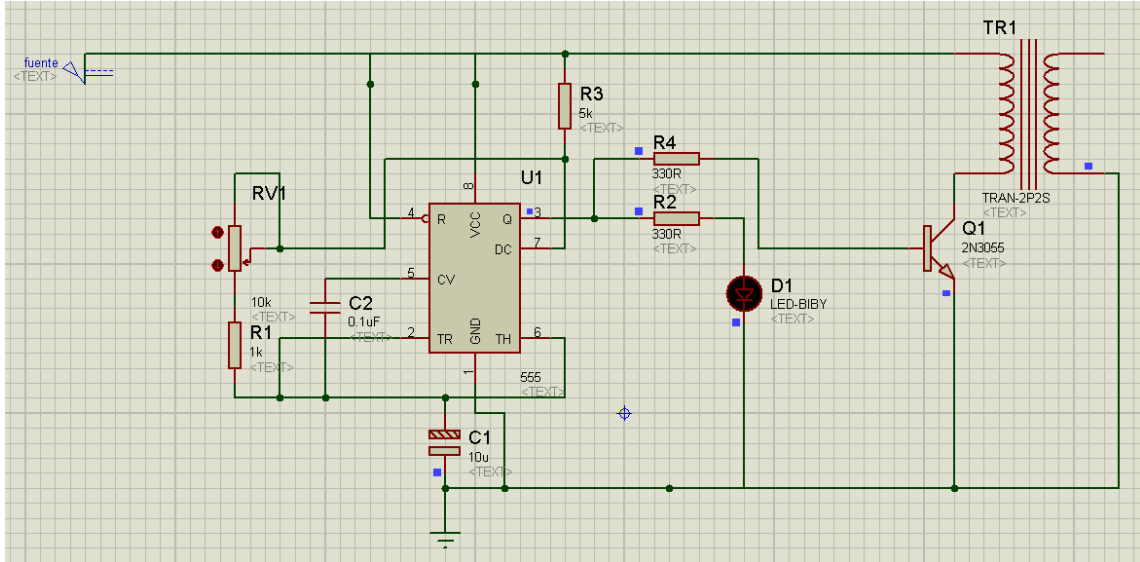
PLACA DEL CIRCUITO



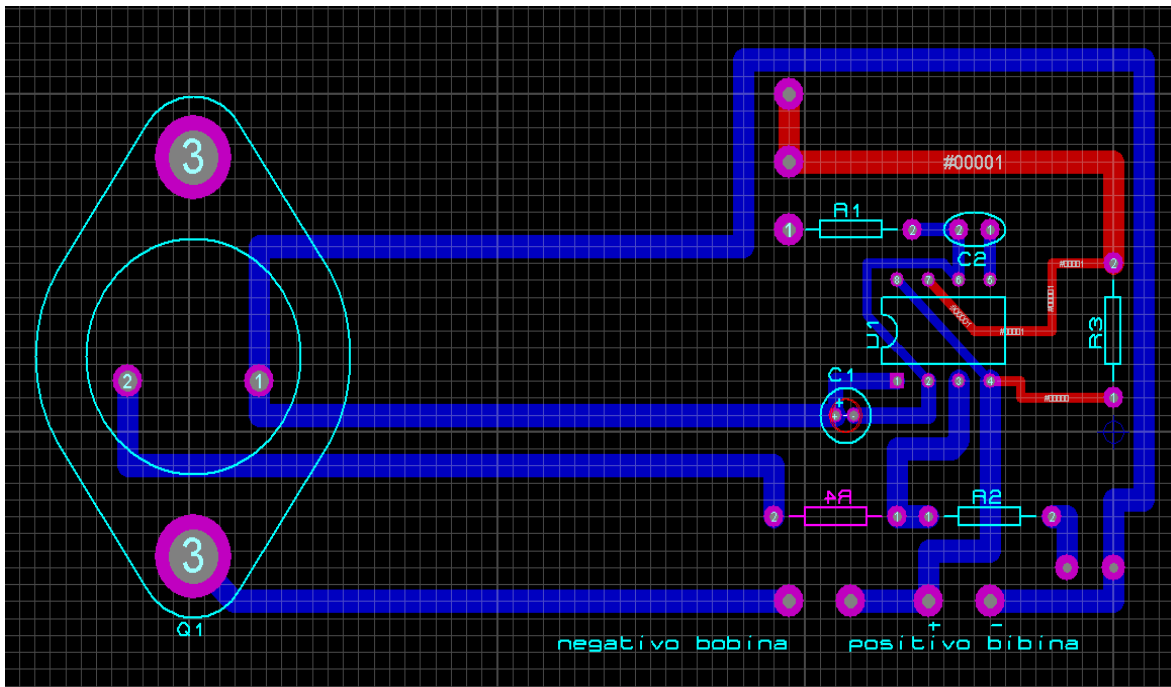
## ANEXO 8

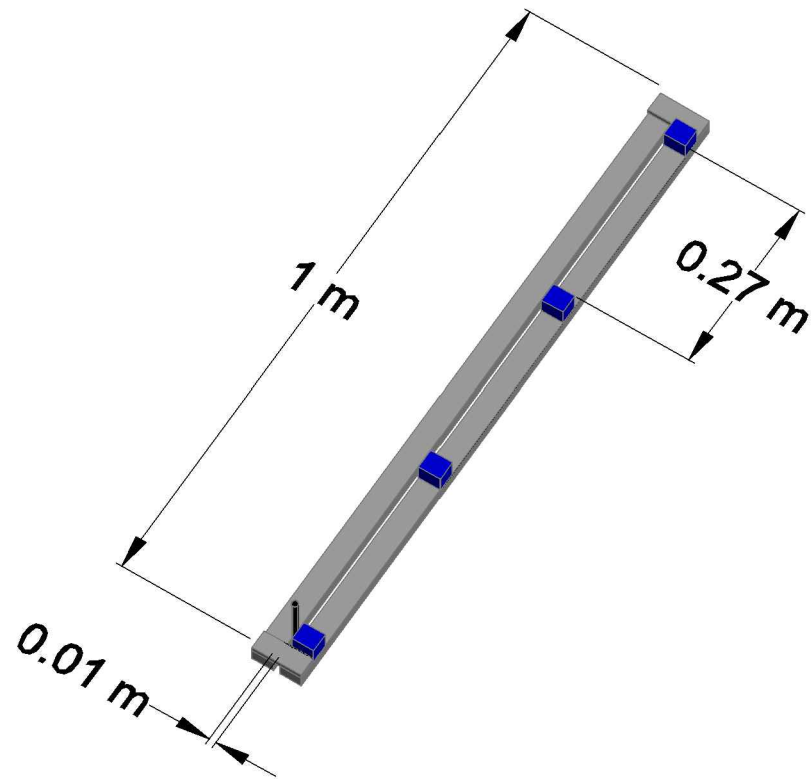
### CIRCUITO 555

### DIAGRAMA DEL CIRCUITO



### PLACA DEL CIRCUITO





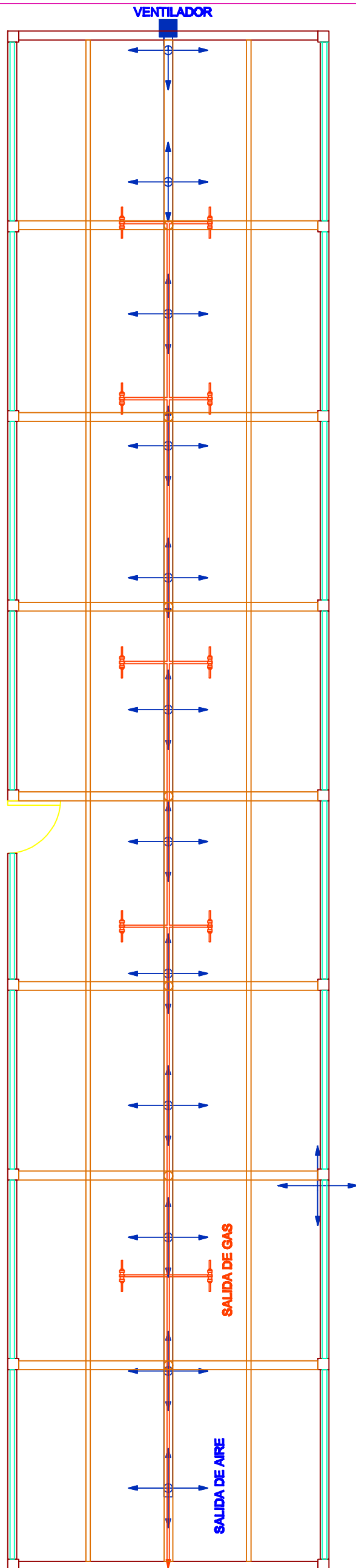
DIBUJADO POR: MARCO CARRILLO  
JULIO ALLAUCA  
FECHA: 01-01-2012

AVICOLA REINA DEL CISNE

ESCALA:  
1:1

ESTRUCTURA DE SENSORES

ANEXO 9



DIBUJADO POR: MARCO CARRILLO  
JULIO ALLAUCA

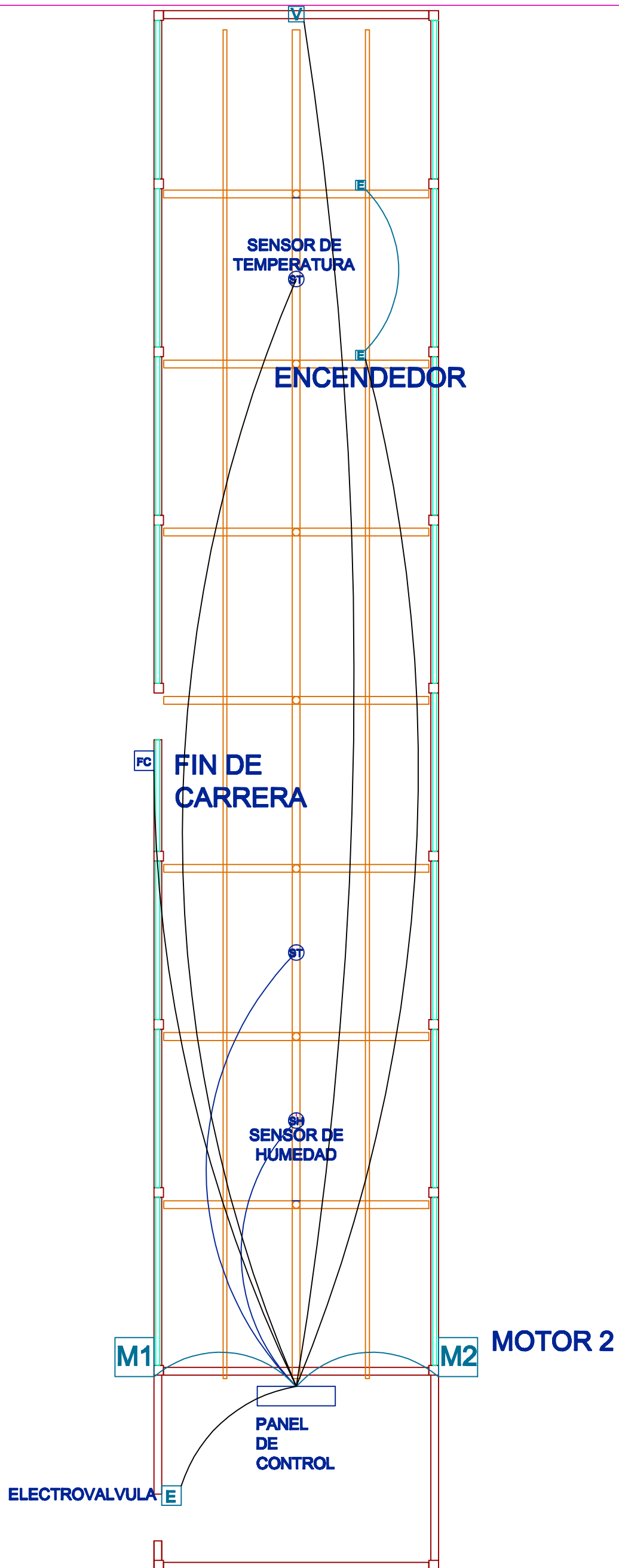
FECHA: 01-01-2012

## AVICOLA REINA DEL CISNE

ESCALA:  
1:1

### VENTILACIÓN Y GAS

### ANEXO 10



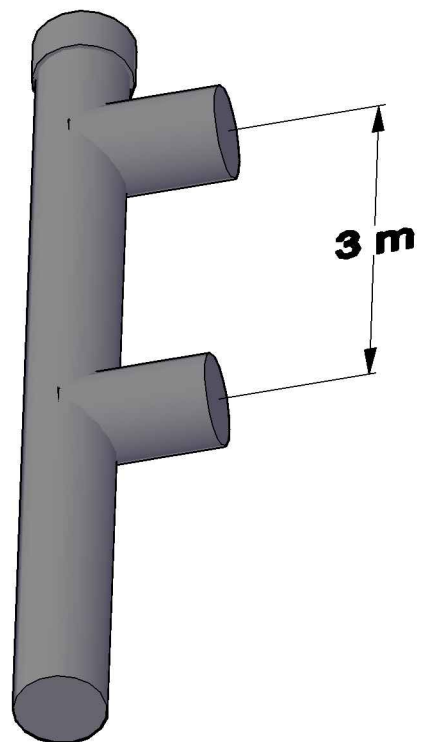
DIBUJADO POR: MARCO CARRILLO  
 JULIO ALLAUCA  
 FECHA: 01-01-2012

## AVICOLA REINA DEL CISNE

ESCALA:  
 1:1

## SENSORES Y ACTUADORES

## ANEXO 11



**DIBUJADO POR:** MARCO ANTONIO  
JUBALANZA

**FECHA:** 01-01-2012

**AVICOLA REINA DEL CISNE**

**ESCALA:**  
1:1

**SISTEMA DE SALIDA DE AIRE**

**ANEXO 12**



# **ANEXO 13**

**MODULO DE**

**EXPANCIION**

**SM1231TC**

# SIEMENS

## SIMATIC

### S7-1200

## Módulo de señales de termopar SM 1231

Información del producto

### Información de producto

#### Nuevo módulo de señales analógicas de termopar disponible para el S7-1200

La familia de los S7-1200 cuenta ahora con un nuevo módulo de señales analógicas de termopar SM 1231. La referencia de este módulo de señales se indica a continuación.

| Módulo de señales         | Referencia          |
|---------------------------|---------------------|
| SM 1231 AI4 x TC x 16 bit | 6ES7 231-5QD30-0XB0 |

El módulo de señales analógicas de termopar SM 1231 (TC) mide el valor de la tensión conectada a las entradas del módulo. Este valor puede ser tanto la temperatura de un termopar como voltios.

- Si se trata de voltios, el valor máximo del rango nominal serán 27648 decimales.
- Si se trata de temperatura, el valor se expresará en grados multiplicados por diez (p. ej. 25,3 grados se expresarán como 253 decimales).

La presente información de producto incluye información detallada sobre las características y los datos técnicos de este módulo de señales. Para más información sobre la familia de productos SIMATIC S7-1200, consulte el manual del controlador programable SIMATIC S7-1200.

#### Soporte adicional

Para cualquier cuestión técnica o para obtener información sobre cursos de formación relacionados con estos productos, o bien para pedir productos, contacte con el representante de Siemens más próximo.

## Módulo de entradas analógicas de termopar S7-1200 SM 1231

| Modelo  | SM 1231 AI4 x TC x16 bit   |
|---|--|
| Referencia (MLFB)   | 6ES7 231-5QD30-0XB0  |
| Dimensiones An. x Al. x P. (mm)   | 45 x 100 x 75  |
| Peso  | 180 g  |
| Pérdidas  | 1,5 W  |
| Consumo (bus SM)  | 80 mA  |
| Consumo (24 V DC) <sup>1</sup>  | 40 mA  |
| Número de entradas  | 4  |
| Tipo  | TC aislado y mV  |
| Rango   | Véase Tabla de selección de termopares                           |
| Rango nominal   | Véase Tabla de selección de termopares                           |
| Rango de saturación superior/inferior   | Véase Tabla de selección de termopares                           |
| Rebase por exceso/defecto (palabra de datos)  | Véase Tabla de selección de termopares                           |
| Resolución<br>Temperatura<br>Tensión  | 0,1° C/0,1° F<br>15 bits más signo                               |
| Tensión máx. de ensayo  | ± 35 V   |
| Supresión de ruido  | 85 dB para el filtro seleccionado (10 Hz, 50 Hz, 60 Hz o 400 Hz) |
| Supresión en modo común   | > 120dB a 120 V AC   |
| Impedancia  | ≥ 10 MΩ  |
| Aislamiento<br>Campo a circuito lógico<br>Campo a 24 V DC<br>24 V DC a circuito lógico<br>Canal a canal | 500 V AC<br>500 V AC<br>500 V AC<br>ninguno                      |
| Exactitud (25°C / 0 a 55°C)   | Véase Tabla de selección de termopares                           |
| Repetitibilidad   | ±0,05% FS  |
| Principio de medición   | Integrador   |
| Tiempo de actualización del módulo  | Ver tabla de selección de filtros                                |
| Error de unión fría   | ±1,5°C   |
| Longitud de cable (metros)  | 100 metros hasta el sensor (máx.)                                |
| Resistencia del cable   | 100 Ω máx.   |
| <b>Diagnóstico</b>  |  |
| Rebase por exceso/defecto <sup>2</sup>  | Sí   |
| Rotura de hilo <sup>3</sup>   | Sí   |
| Baja tensión 24 V DC <sup>2</sup>   | Sí   |

<sup>1</sup> 20,4 a 28,8 V DC (clase 2, potencia limitada o alimentación de sensor por PLC)

<sup>2</sup> La información de las alarmas de diagnóstico de baja tensión y de rebase por exceso/por defecto será indicada en los valores analógicos aunque las alarmas estén deshabilitadas en la configuración del módulo.

<sup>3</sup> Si la alarma de rotura de hilo está deshabilitada y se presenta una condición de rotura de hilo en la línea del sensor, el módulo puede señalar valores aleatorios.

## Principios básicos de los termopares

Los termopares se forman por la unión de dos metales diferentes que se conectan eléctricamente produciendo una tensión. La tensión generada es proporcional a la temperatura de la unión. Se trata de una tensión pequeña; un microvoltio puede representar varios grados. La medición de temperatura con termopares consiste en medir la tensión de un termopar, compensar las uniones adicionales y linealizar posteriormente el resultado.

Cuando un termopar se conecta al módulo de señales de termopar SM 1231, los dos hilos de metales distintos se unen al conector de señales del módulo. El punto en el que los dos hilos diferentes se unen el uno con el otro constituye el termopar del sensor.

Dos termopares adicionales se forman donde los dos hilos diferentes se unen al conector de señales. La temperatura del conector genera una tensión que se suma a la del termopar del sensor. Si no se corrige esta tensión, la temperatura indicada será diferente de la temperatura del sensor.

La compensación de unión fría se utiliza para compensar el termopar del conector. Las tablas de termopares se basan en una temperatura de referencia que, por lo general, es de cero grados centígrados. La compensación de unión fría compensa el conector a cero grados centígrados. La compensación restablece la tensión sumada por los termopares del conector. La temperatura del módulo se mide internamente y se convierte luego a un valor a sumar a la conversión del sensor. La conversión del sensor corregida se linealiza entonces utilizando las tablas de termopares.

Para optimizar el funcionamiento de la compensación de unión fría es necesario colocar el módulo de termopar en un entorno térmicamente estable. Una variación lenta (inferior a 0,1° C/minuto) del módulo a temperatura ambiente se compensa correctamente dentro de las especificaciones del módulo. Si hay corriente de aire a través del módulo también se producirán errores de compensación de unión fría.

Si se requiere una mejor compensación del error de unión fría, se puede utilizar un bloque de terminales isotérmico. El módulo de termopar permite utilizar un bloque de terminales con una referencia de 0° C o 50° C.

### Tabla de selección de termopares del SM 1231

Los rangos y la exactitud de los diferentes tipos de termopares soportados por el módulo de señales de termopar SM 1231 se indican en la tabla siguiente.

| Tipo de termopar | Rango de saturación mínimo | Rango nominal límite inferior | Rango nominal límite superior | Rango de saturación máximo | Exactitud rango <sup>1,2</sup> normal @ 25°C | Exactitud rango <sup>1,2</sup> normal 0°C a 55°C |
|------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--|--|
| J                | -210,0°C                   | -150,0°C                      | 1200,0°C                      | 1450,0°C                   | ±0,3°C                                       | ±0,6°C   |
| K                | -270,0°C                   | -200,0°C                      | 1372,0°C                      | 1622,0°C                   | ±0,4°C                                       | ±1,0°C   |
| T                | -270,0°C                   | -200,0°C                      | 400,0°C                       | 540,0°C                    | ±0,5°C                                       | ±1,0°C   |
| E                | -270,0°C                   | -200,0°C                      | 1000,0°C                      | 1200,0°C                   | ±0,3°C                                       | ±0,6°C   |
| R & S            | -50,0°C                    | +100,0°C                      | 1768,0°C                      | 2019,0°C                   | ±1,0°C                                       | ±2,5°C   |
| N                | -270,0°C                   | -200,0°C                      | 1300,0°C                      | 1550,0°C                   | ±1,6°C                                       | ±1,0°C   |
| C                | 0,0°C                      | 100,0°C                       | 2315,0°C                      | 2500,0°C                   | ±0,7°C                                       | ±2,7°C   |
| TXK/XK(L)        | -200,0°C                   | -150,0°C                      | 800,0°C                       | 1050,0°C                   | ±0,6°C                                       | ±1,2°C   |
| Tensión          | -32512<br>-94,0715mV       | -27648<br>-80mV               | 27648<br>80mV                 | 32511<br>94,071mV          | ±0.05%                                       | ±0.1%  |

<sup>1</sup> El error de la unión fría interna es de ±1,5°C en todos los rangos. Esto debe añadirse al error en esta tabla. Para cumplir estas especificaciones, el módulo requiere como mínimo 30 minutos de calentamiento.

<sup>2</sup> En presencia de radiofrecuencia radiada de 970 MHz a 990 MHz, la exactitud puede verse reducida.

## Tabla de selección de filtros

| Supresión de frecuencias (Hz) | Tiempo de integración (ms) | Tiempo de actualización 4 canales del módulo (segundos) |
|-------------------------------|----------------------------|---|
| 10                            | 100                        | 1.205   |
| 50                            | 20                         | 0.245   |
| 60                            | 16.67                      | 0.205   |
| 400 <sup>1</sup>              | 10                         | 0.125   |

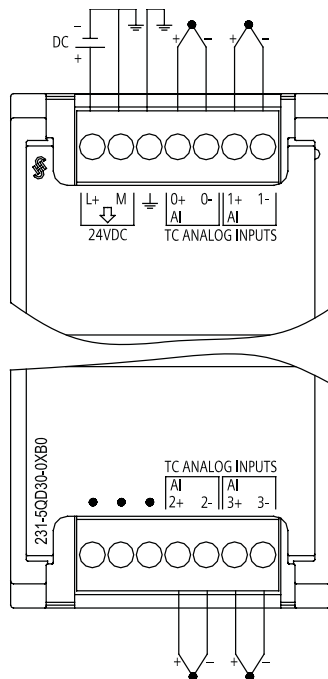
<sup>1</sup> Para mantener la resolución y exactitud del módulo con el filtro de 400 Hz, el tiempo de integración es de 10 ms. Esta selección también suprime perturbaciones de 100 Hz y 200 Hz.

Para medir termopares se recomienda utilizar un tiempo de integración de 100 ms. El uso de tiempos de integración inferiores aumentará el error de repetibilidad de las lecturas de temperatura.

### Nota

Después de aplicar tensión al módulo, éste lleva a cabo una calibración interna del convertidor analógico a digital. Durante este tiempo el módulo reporta un valor de 32767 en cada canal hasta que haya información válida disponible en el canal respectivo. Es posible que el programa del PLC deba autorizar este tiempo de inicialización.

## Diagrama de cableado del SM 1231 AI4 x TC



6ES7 231-5QD3-0XB0

Siemens AG  
Industry Sector  
Postfach 48 48  
90026 NÜRNBERG

Módulo de señales de termopar SM 1231  
A5E02886092-01, 06/2010