



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE  
TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN GALPÓN DE POLLOS DE LA  
AVÍCOLA “LA ESPERANZA”**

**AUTORES:**

**DIEGO ORLANDO ERAZO CHÁFUEL  
VANESSA TATIANA SALGADO FLORES**

**DIRECTOR:**

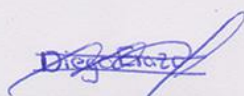
**ING. CARLOS OBANDO**

**Ibarra - Ecuador**

**Junio 2014**

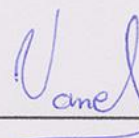
## DECLARACIÓN

Nosotros, DIEGO ORLANDO ERAZO CHÁFUEL y VANESSA TATIANA SALGADO FLORES, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



---

Diego Orlando Erazo Cháfuel



---

Vanessa Tatiana Salgado Flores

## CERTIFICACIÓN

En calidad de director del Trabajo de Grado "Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura y humedad para un galpón de pollos de la avícola La Esperanza", presentado por los señores Diego Orlando Erazo Cháfuel y Vanessa Tatiana Salgado Flores, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.



---

Ing. Carlos Obando

DIRECTOR

## AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	172187949-0
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	DIEGO ORLANDO ERAZO CHÁFUEL
<b>DIRECCIÓN:</b>	MIGUEL SÁNCHEZ 2-114 Y TOBÍAS MENA, IBARRA
<b>E-MAIL:</b>	diego_oec@hotmail.es
<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0991844242

DATOS DE CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100366608-6
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	VANESSA TATIANA SALGADO FLORES
<b>DIRECCIÓN:</b>	CONJUNTO CASCADAS DE CHORLAVÍ, IBARRA
<b>E-MAIL:</b>	vanes_838@hotmail.es
<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0989522064

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN GALPÓN DE POLLOS DE LA AVÍCOLA "LA ESPERANZA"
<b>AUTORES:</b>	DIEGO ORLANDO ERAZO CHAFUEL ; VANESSA TATIANA SALGADO FLORES
<b>FECHA:</b>	2014/06/29
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERO EN MECATRÓNICA
<b>DIRECTOR:</b>	ING. CARLOS OBANDO



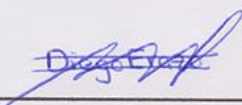
## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD


Nosotros, Diego Orlando Erazo Chafuel, con cédula de identidad Nro. 172187949-0, y Vanessa Tatiana Salgado Flores, con cédula de identidad Nro. 100366608-6 en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de Noviembre del 2014

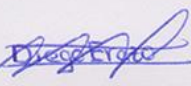
  
\_\_\_\_\_  
Diego Orlando Erazo Chafuel  
CI: 172187949-0

  
\_\_\_\_\_  
Vanessa Tatiana Salgado Flores  
CI: 100366698-6

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, Diego Orlando Erazo Chafuel, con cédula de identidad Nro. 172187949-0 y Vanessa Tatiana Salgado Flores con cédula de identidad Nro.100366698-6, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4,5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominado "Diseño e Implementación de un sistema de control de temperatura y humedad para un galpón de pollos de la avícola "La Esperanza" ", que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingenieros en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

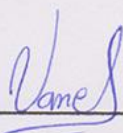
(Firma) \_\_\_\_\_



Nombre: Diego Orlando Erazo Chafuel

Cédula: 172187949-0

(Firma) \_\_\_\_\_



Nombre: Vanessa Tatiana Salgado Flores

Cédula: 100366698-6

Ibarra, a los 20 días del mes de Noviembre de 2014

## AGRADECIMIENTO

A mi madre y tíos, por brindarme el apoyo económico y moral constante para alcanzar todos mis objetivos y metas. A mis amigos y amigas por su respaldo incondicional durante la vida estudiantil.

Especial reconocimiento al Ing. Carlos Obando, al Sr. Marco Lincango y a la Corporación Avitalisa por su guía, apoyo y colaboración en el desarrollo y culminación de este proyecto.

A la Universidad Técnica del Norte, la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, y en especial al personal docente de la Carrera de Mecatronica, quienes con su sabiduría me supieron preparar para la vida profesional.

Diego E.

A mis padres por su apoyo incondicional sus consejos y sabiduría dándome fortaleza para seguir adelante. Mis hermanos y mi abuelita por brindarme su cariño, comprensión y apoyo día a día y darme la fuerzas para cumplir mis metas.

A la Universidad Técnica del Norte, la Facultad de Ciencias Aplicadas, a cada uno de mis maestros que con gran voluntad y paciencia me ilustraron con sus conocimientos, y de manera especial mi reconocimiento y eterna gratitud al Ing. Carlos Obando, por su incondicional colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

Al grupo AVITALSA, por su apoyo en la finalización del proyecto. A mi familia y amigos que influyeron de manera directa o indirecta en la elaboración del proyecto.

Vanessa S.

## DEDICATORIA

A Dios, mi único y verdadero padre por darme la fuerza y sabiduría necesarias para culminar mi carrera profesional.

Con infinito amor a mi madre Dolly Cháfuel, a mis tías Elsa María Cháfuel y Esmeralda Cháfuel y mi abuelita Juanita Pozo, quienes con su esfuerzo y sacrificio me impulsaron a salir adelante y culminar mis estudios, siendo un pilar fundamental en mi formación personal y profesional.

Diego E.

Quiero dedicar este trabajo a Dios que es el que nos bendice día a día y es mi fuerza de inspiración para cumplir mis metas.

Con todo mi cariño a mis padres, hermanos y mi abuelita por su cariño y motivación diaria para culminar mis metas y mis sueños.

Con infinito amor a mi pedacito de cielo Dylan, por su cariño y sus sonrisas que son la razón de cumplir mis metas.

Vanessa S.



## ÍNDICE GENERAL

Portada.....	i
Declaración.....	ii
Certificación.....	iii
Autorización de uso y publicación a favor de la UTN .....	iv
Cesión de derechos de autor del trabajo de grado a favor de la UTN.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Dedicatoria .....	viii
Índice general .....	ix
Índice de figuras, tablas y ecuaciones .....	xiii
Resumen .....	xviii
Summary .....	xix
Presentación.....	xx
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. General.....	2
1.2.2. Específicos.....	2
1.3. Justificación e importancia.....	2
1.4. Alcance.....	3
CAPÍTULO II INTRODUCCIÓN A LA AVICULTURA.....	6
3.1. La avicultura en el Ecuador.....	6
3.1.1. Industria avícola ecuatoriana.....	6
2.2. Factores físicos que influyen en el desarrollo del ave .....	8
2.2.1. Construcción y adecuamiento del galpón.....	8

2.2.2. Equipos.....	10
2.3. Factores ambientales que influyen en el desarrollo del ave .....	12
2.3.1. Temperatura .....	12
2.3.2. Humedad .....	16
2.3.3. Amoniaco.....	18
2.3.4. Dióxido de carbono .....	20
2.3.5. Monóxido de carbono.....	21
2.3.6. Ventilación .....	21
2.4. Granja avícola “La Esperaza” .....	22
2.4.1. Estado actual de la granja.....	23
2.4.2. Requerimientos.....	25
CAPÍTULO III DISEÑO DEL SISTEMA DE AMBIENTE CONTROLADO .....	26
3.1. Sistema de control de temperatura .....	26
3.1.1. Requerimientos técnicos .....	26
3.1.2. Componentes utilizados .....	30
3.2. Sistema de control de humedad .....	44
3.2.1. Requerimientos técnicos .....	44
3.2.2. Dispositivos utilizados .....	49
3.3. Monitoreo de la calidad de aire .....	54
3.3.1. Requerimientos.....	54
3.3.2. Dispositivos a utilizarse .....	54
3.4. Automatización del proceso.....	67
3.4.1. Diagrama de bloques .....	67
3.4.2. Selección de los dispositivos de control .....	69
3.4.3. Controlador lógico programable Siemens Simatic S7-1200 Cpu 1214c.....	71
3.4.4. Módulo de salidas digitales SM1222 .....	72
3.4.5. Módulo de entradas analógicas SM1231 .....	74

3.4.6.	Relé CNC MY4 .....	75
3.4.7.	Contactador ABB AF09.....	75
3.4.8.	Relé térmico de sobrecarga ABB TF42-10.....	76
3.4.9.	Simatic HMI Basic Panel KTP600 PN COLOR.....	77
3.5.	Diseño y construcción del tablero de control.....	78
3.5.1.	Ubicación de Dispositivos Externos y Perforado de la Caja Eléctrica.....	78
3.5.2.	Ubicación de Dispositivos Internos.....	79
3.5.3.	Cableado y etiquetado Interno del Tablero.....	80
3.5.4.	Cableado externo del Tablero .....	82
3.6.	Diseño del programa de control.....	83
3.6.1.	Flujograma del proceso de calefacción .....	83
3.6.2.	Flujograma del proceso de nebulización .....	84
3.6.3.	Flujograma del monitoreo de la calidad de aire .....	85
3.6.4.	Flujograma programación panel HMI .....	86
3.6.5.	Descripción del Software Tia Portal V11 .....	87
3.6.6.	Programación del PLC – Tía Portal V11 Step 7 Professional .....	93
3.6.7.	Programación del HMI – Tía Portal V11 WINCC Basic.....	93
CAPÍTULO IV PRUEBAS Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO.....		94
4.1.	Pruebas de funcionamiento .....	94
4.1.1.	Sistema de calefacción .....	94
4.1.2.	Sistema de nebulización .....	94
4.1.3.	Sistema de monitoreo de la calidad de aire.....	95
4.2.	Adquisición de datos.....	95
4.2.1.	Registros de temperatura.....	95
4.2.2.	Registros de humedad .....	99
4.2.3.	Registros de calidad de aire.....	102
4.2.4.	Consumo de Diésel.....	104

4.2.5. Consumo de Agua .....	105
4.3. Análisis del costo del proyecto.....	106
4.3.1. Costos directos .....	106
4.3.2. Costos indirectos.....	107
4.3.3. Costo total.....	107
4.4. Análisis costo beneficio.....	107
4.4.1. Análisis sistema manual.....	108
4.4.2. Análisis sistema automático.....	109
4.5. Período de recuperación del proyecto .....	110
4.5.1. Sistema manual .....	110
4.5.2. Sistema automático.....	110
4.5.3. Comparación de los beneficios en base a los costos .....	112
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROYECTO.....	113
5.1. Conclusiones .....	113
5.2. Recomendaciones .....	114
BIBLIOGRAFÍA .....	116
ANEXOS.....	118
Anexo 1 Programa de control PLC S7-1200 .....	118
Anexo 2 Programacion por imágenes Panel HMI KTP600.....	141
Anexo 3 Manual de usuario y mantenimiento .....	147
Anexo 4 Esquemas eléctricos y de montaje del proyecto .....	178
Anexo 5 Imágenes del proyecto.....	191



## ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ECUACIONES

### FIGURAS

Figura 1.-Esquema del Proyecto.....	4
Figura 2.-Distribución Avícola en el Ecuador .....	7
Figura 3.- Conducta Típica de los Pollitos a Diferentes Temperaturas .....	16
Figura 4.- Efecto del Amoniaco sobre el Peso del Ave.....	18
Figura 5.-Granja “La Esperanza” .....	23
Figura 6.-Estructura del Galpón .....	24
Figura 7.- Grafico Temperatura vs Edad del Ave .....	26
Figura 8.- Grafico Histéresis de Temperatura .....	28
Figura 9.- Aislamiento de Doble Cortina.....	28
Figura 10.- Zona del Galpón destinada a la Calefacción y Crianza.....	29
Figura 11.- Mecanismo de Apertura Cortinas Externas.....	31
Figura 12.- Sistema de Cortinas Internas.....	31
Figura 13.-Generador de aire caliente BIEMMEDUE FARM 90 .....	32
Figura 14.-Diagrama del Sistema de Ventilación .....	33
Figura 15.-Diagrama del Sistema de Calefacción .....	34
Figura 16.- Funcionamiento Tubería de Distribución de Aire.....	35
Figura 17.-Transmisor Aosong AQ3010Y .....	36
Figura 18.- Gráfico Temperatura Censada vs Lectura del ADC .....	37
Figura 19.- Gráfico Humedad Relativa Censada vs Lectura del ADC .....	40
Figura 20.- Transmisor Ultrasónico de Nivel ESMUS07.....	41
Figura 21.- Esquema del Reservorio de Diésel .....	42
Figura 22.- Gráfico Nivel de Combustible Censado vs Lecturas del ADC .....	43
Figura 23.- Gráfico Humedad Relativa vs Edad del Ave .....	44
Figura 24.- Esquema del Sistema de Nebulización .....	45
Figura 25.-Micro nebulizador CoolNet TM.....	49
Figura 26.-Electroválvula y Válvula Manual – Línea Izquierda de Nebulización .....	49
Figura 27.-Bomba Centrífuga LEO XCM 170-1 .....	50
Figura 28.- Curva Característica de la Bomba .....	51
Figura 29.- Esquema Reservorio de Agua - Sistema de Nebulización .....	52
Figura 30.- Grafico Nivel de agua vs Lecturas del ADC PLC .....	53
Figura 31.-Sensor de Monóxido de Carbono DDF Robot MQ7 .....	55
Figura 32.- Circuito de Acondicionamiento Sensor MQ7.....	55
Figura 33.- Gráfico Monóxido de Carbono censado vs lecturas del ADC .....	57

Figura 34.- Sensor de Dióxido de Carbono DDF Robot MG811 .....	59
Figura 35.- Esquema eléctrico de circuito de amplificación del sensor MG 811 .....	59
Figura 36.- Circuito del amplificador por secciones .....	60
Figura 37.-Gráfico Sensibilidad Sensor MG811 .....	62
Figura 38.- Gráfico Dióxido de Carbono Censado vs Lectura del ADC .....	63
Figura 39.-Sensor de Amoniaco DDF Robot MQ137 .....	64
Figura 40.- Gráfico Amoniaco censado vs lectura del ADC.....	66
Figura 41.- Disposición de los Sensores de Gas.....	67
Figura 42.- Diagrama de Bloques del Proyecto.....	68
Figura 43.-Simatic S7-1200 CPU 1214C.....	71
Figura 44.- Módulo de Salidas Digitales Siemens SM1222 .....	73
Figura 45.-Módulo de Entradas Analógicas Siemens SM 1231.....	74
Figura 46.- Relé CNC MY4 .....	75
Figura 47.-Contactor ABB AF09 .....	76
Figura 48.-Relé Térmico de Sobrecarga ABB TF42.....	76
Figura 49.- Simatic HMI Panel KTP600 PN COLOR .....	77
Figura 50.- Herramientas de Perforado Caja Eléctrica.....	78
Figura 51.-Ubicación y Señalización Pre-perforado .....	79
Figura 52.-Resultados Perforación.....	79
Figura 53.-Ubicación de Carriles DIN.....	80
Figura 54.-Ubicación de Dispositivos Internos y Canaletas.....	80
Figura 55.-Herramientas para Cableado Interno .....	81
Figura 56.- Cableado Parcial .....	81
Figura 57.-Resultados Cableado Finalizado .....	82
Figura 58.- Cableado Externo del Tablero de Control .....	82
Figura 59.- Flujograma Proceso de Calefacción .....	83
Figura 60.- Flujograma Proceso de Nebulización.....	84
Figura 61.- Flujograma Monitoreo Calidad Aire.....	85
Figura 62.- Flujograma Programación Panel HMI .....	86
Figura 63.- Interfaz TIA PORTAL V11.....	87
Figura 64.- Step7 Professional - Configuración de Dispositivos .....	88
Figura 65.- Step7- Online y Diagnostico.....	89
Figura 66.-Observación Online de la Programación.....	89
Figura 67.- Step7- Interfaz de Programación .....	90
Figura 68.- Interfaz WinCC Professional y Asignación de Imágenes.....	91
Figura 69.- Configuración Tipo Switch de un Botón HMI .....	91

Figura 70.-Configuración Tipo Pulsador de un Botón HMI Parte1 ..... 92

Figura 71.-Configuración Tipo Pulsador de un Botón HMI Parte2..... 92

Figura 72.-Configuración de Campos de E/S (Salida)..... 92

Figura 73.-Configuración de Campos de E/S (Entrada y Salida)..... 93

Figura 74.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 1 de Crianza..... 95

Figura 75.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 2 de Crianza..... 96

Figura 76.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 3 de Crianza..... 96

Figura 77.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 4 de Crianza..... 97

Figura 78.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 5 de Crianza..... 97

Figura 79.-Temperaturas Ideal y Censada - Semana 6 y 7 de Crianza ..... 98

Figura 80.- Humedad Ideal y Censada - Semana 1 de Crianza ..... 99

Figura 81.- Humedad Ideal y Censada - Semana 2 de Crianza ..... 100

Figura 82.- Humedad Ideal y Censada - Semana 3 de Crianza ..... 100

Figura 83.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 4 de Crianza..... 101

Figura 84.- Humedad Ideal y Censada - Semana 5,6 y 7 de Crianza..... 101

Figura 85.- Concentración de Monóxido de Carbono durante la Producción..... 102

Figura 86.-Concentración de Dióxido de Carbono durante la Producción ..... 103

Figura 87.- Concentración de Amoniaco durante la Producción..... 104

Figura 88.- Consumo de Diésel Diario Biemmedue Farm 90 ..... 104

Figura 89.- Consumo de Agua para el Sistema de Nebulizadores ..... 105

**TABLAS**

Tabla 1.-Cantidad de Aves en un Galpón según el Clima ..... 9

Tabla 2.- Temperatura de la Crianza ..... 13

Tabla 3.- Humedad Requerida en el Proceso Avícola..... 17

Tabla 4.- Calor y Humedad producidos por las aves..... 18

Tabla 5.- Niveles de Amoniaco en partes por millón y signos ..... 19

Tabla 6.- Efectos del Bióxido de Carbono en el ambiente de una caseta..... 20

Tabla 7.- Efectos del Monóxido de Carbono ..... 21

Tabla 8.- Datos censados de Temperatura ..... 37

Tabla 9.- Datos censados de Humedad Relativa ..... 39

Tabla 10.- Datos censados Nivel de Combustible..... 42

Tabla 11.- Datos censados de Nivel de Agua ..... 52

Tabla 12.-Condiciones Ambientales Requeridas..... 54

Tabla 13.- Datos censados del Monóxido de Carbono..... 56

Tabla 14.- Datos censados de Dióxido de Carbono ..... 62

Tabla 15.- Datos censados del Monóxido de Carbono.....	65
Tabla 16.-Cantidad de Entradas Digitales Requeridas PLC.....	69
Tabla 17.-Cantidad de Entradas Analógicas Requeridas PLC.....	70
Tabla 18.-Cantidad de Salidas Digitales Requeridas PLC.....	70
Tabla 19.-Procesos de Visualización y Control por HMI.....	70
Tabla 20.- Costos Directos de Fabricación.....	106
Tabla 21.- Costos Indirectos de Fabricación.....	107
Tabla 22.- Costo Total del Proyecto.....	107
Tabla 23.- Costos de Mano de Obra Sistema Manual.....	108
Tabla 24.- Costo de Producción Sistema Manual.....	108
Tabla 25.- Materia Prima y Materiales Indirectos Sistema Manual.....	108
Tabla 26.- Costo por Mano de Obra Sistema Automático.....	109
Tabla 27.- Costos de Materia Prima y Materiales Directos Sistema Automático.....	109
Tabla 28.- Costos Materia Prima y Materiales Indirectos.....	109
Tabla 29.-Diferencia Económica Sistema Manual vs Sistema Automático.....	111
Tabla 30.- Relación Cantidad de Producciones vs Ganancia.....	111
Tabla 31.- Beneficios obtenidos con el Proyecto.....	112

## ECUACIONES

Ecuación 1.-Ecuación Característica de una Función Cuadrática.....	26
Ecuación 2.- Matriz de Regresión Cuadrática.....	27
Ecuación 3.-Ecuación para la Temperatura.....	27
Ecuación 4.-Requerimientos Caloríficos para Volúmenes de Aire.....	30
Ecuación 5.-Ecuación Característica de una Función Lineal.....	38
Ecuación 6.- Pendiente de una Función Lineal.....	38
Ecuación 7.-Punto de corte de una Función Lineal.....	38
Ecuación 8.- Relación lectura ADC y Temperatura censada.....	38
Ecuación 9.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Temperatura Censada....	39
Ecuación 10.- Relación lectura ADC y Humedad Relativa censada.....	40
Ecuación 11.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Humedad Censada.....	40
Ecuación 12.- Relación lectura ADC y Nivel de Combustible censado.....	44
Ecuación 13.-Ecuación para la Humedad.....	45
Ecuación 14.- Caudal en un Punto.....	46
Ecuación 15.-Número de Reynolds.....	47
Ecuación 16.-Factor de Fricción de Darcy-Weisbach.....	47
Ecuación 17.-Pérdida de Carga.....	47



Ecuación 18.- Altura de Carga .....	48
Ecuación 19.- Potencia de la bomba.....	48
Ecuación 20.- Potencia Real.....	48
Ecuación 21.- Relación lectura ADC y Nivel de Agua censado .....	54
Ecuación 22.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Nivel de Diésel.....	54
Ecuación 23.-Resistencia del Sensor MQ7 .....	55
Ecuación 24.-Ecuación de un Sensor de Gas Resistivo.....	56
Ecuación 25.-Concentración de Gas en un Sensor Resistivo de Oxido Metálico .....	56
Ecuación 26.-Ecuación Característica de una función potencial .....	58
Ecuación 27.- Relación lectura ADC y Concentración de CO .....	58
Ecuación 28.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Concentración de CO ...	58
Ecuación 29.- Sumatoria de Corrientes .....	60
Ecuación 30.-Corriente $i_2$ referente a la ilustración del circuito amplificador .....	60
Ecuación 31.- Corriente $i_3$ referente a la ilustración del circuito amplificador .....	60
Ecuación 32.-Corriente $i_4$ referente a la ilustración del circuito amplificador .....	60
Ecuación 33.-Factor de Amplificación Placa Sensor MG811 .....	61
Ecuación 34.- Relación lecturas ADC y Concentración de CO <sub>2</sub> .....	63
Ecuación 35.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Concentración de CO <sub>2</sub> .	63
Ecuación 36.-Concentración de Gas en el sensor MQ137 .....	64
Ecuación 37.- Relación lecturas ADC y Concentración de NH <sub>3</sub> .....	66
Ecuación 38.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Concentración de NH <sub>3</sub> ..	66
Ecuación 39.-Varianza Estadística.....	98
Ecuación 40.-Desviación Estándar .....	98

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN GALPÓN DE POLLOS DE LA AVÍCOLA “LA ESPERANZA”

**Autores:** Diego Erazo

Vanessa Salgado

**Director:** Ing. Carlos Obando

## RESUMEN

Hoy en día la mayoría de procesos productivos, cuentan con sistemas de control automáticos o semiautomáticos, que permiten llevar un control exacto de todas las actividades realizadas durante el evento productivo, ahorrando recursos energéticos y materia prima, lo cual se traduce en un producto final de alta calidad, con mínimos tiempos de producción.

El Proyecto que se detalla a continuación tiene como fin generar un sistema de ambiente controlado para un galpón de pollos mediante la automatización de la maquinaria dedicada al área de calefacción, ventilación y humidificación.

Esto se logra a través de un controlador que administra los parámetros antes descritos mediante sensores y actuadores en base a un programa diseñado para todo el evento productivo, con valores determinados de temperatura y humedad, de acuerdo al día de producción.

Como todo sistema automático se cuenta con un tablero de control que posee una interfaz de usuario simple e intuitivo que permite visualizar los parámetros controlados y facilita al usuario la manipulación del sistema, permitiéndole configurar ciertas variables del programa de control o dándole la libertad de ejercer un control manual sobre los componentes del sistema. Al final de cada producción el usuario puede obtener el registro de datos almacenado en el controlador para temperatura, humedad, calidad de aire, conteo de aves y consumo de agua y diésel, lo cual es una prueba fehaciente de la eficiencia del proyecto.

# DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CONTROL SYSTEM FOR TEMPERATURE AND HUMIDITY IN BARN CHICKEN POULTRY

## "LA ESPERANZA"

**Authors:** Diego Erazo

Vanessa Salgado

**Director:** Ing. Carlos Obando

## SUMMARY

Today most production processes systems have automatic or semiautomatic control allowing precise control out of all productive activities during the event, saving energy resources and raw materials, which results in a final product with high quality and minimal production times.

The Project described below is intended to generate a controlled environment system for poultry shed by automating machinery dedicated to the area of heating, ventilation and humidification.

This is achieved right through a controller that manages the parameters described above, using sensors and actuators based on a program designed for the entire productive event, with definite values of temperature and humidity, according to the day.

Like any automatic system has a dashboard that has a simple and intuitive interface that displays user-controlled parameters and facilitates the user manipulating the system, allowing you to set certain variables of the control program or giving you the freedom to exercise manual control over system components. At the end of each production, the user can get the registration data stored in the controller for temperature, humidity, air quality, bird count and water consumption and diesel, which is a testament to the efficiency of the project.

## **PRESENTACIÓN**

El proyecto de: Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Temperatura y Humedad para un Galpón de pollos en la Avícola “La Esperanza”, se compone de cinco capítulos necesarios para su realización.

Primer capítulo.- Introducción, se detalla la problemática, los objetivos y el alcance del proyecto.

Segundo capítulo.- Marco Teórico, representa toda la información concerniente a la crianza avícola con un enfoque hacia los parámetros que van a ser controlados, junto con información necesaria para la automatización del proceso.

Tercer capítulo.- Diseño del Sistema de Control, describe el diseño y los requerimientos en las diferentes áreas y su solución.

Cuarto capítulo.- Pruebas y Análisis Económico del Proyecto, se demuestra la eficiencia del sistema mediante pruebas de campo y el análisis costo beneficio.

Finalmente, Quinto capítulo.- presenta las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de producción avícola se basa en el control y optimización de los recursos que influyen en el desarrollo del ave, por tanto es de suma importancia tener un control exacto de dichos factores, tales como la temperatura y humedad presentes en el galpón. Al tener un sistema automático que controle los parámetros antes mencionados, se obtiene un microclima regulado y por ende un producto final de alta calidad que cumpla con los estándares establecidos.

Esto se logra a través del correcto aprovechamiento del alimento, el cual depende de los procesos biológicos de asimilación que están directamente relacionados con la temperatura del medioambiente. De tal manera que al tener una temperatura y humedad correctas, se puede favorecer el comportamiento del ave, mejorando la calidad representada en tamaño y rapidez de crecimiento.

El proyecto se enfoca en el diseño e implementación de un sistema automatizado para el control de temperatura y humedad dentro del criadero. Con lo cual se planea obtener las condiciones medioambientales ideales para la crianza de aves, mediante la automatización y control electrónico de los diferentes dispositivos que influyen en el proceso de crecimiento del ave.

Los criaderos de alta producción cárnica, requieren sistemas para la crianza, tanto para el control de temperaturas como para la alimentación. Los cambios bruscos de temperatura son una gran falencia en la producción de estos animales ya que pueden ocasionar problemas en la alimentación o en la salud del individuo, por ende se puede alargar el tiempo de producción o tener índices muy altos de mortalidad.

Los avances tecnológicos en la climatización de galpones, han evolucionado con el pasar de los años, desde la utilización de calefacción a partir de madera, ventilación manual mediante cierre y apertura de cortinas de cabuya, comederos y bebederos de cambio diario, hasta las actuales tecnologías, como materiales de nueva generación usados para

la hermetización del criadero, sistemas de ventilación, extracción de aire, comederos y bebederos automáticos, calefacción eléctrica, a gas o a diésel.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. GENERAL**

Implementar un sistema que controle la temperatura y los niveles de humedad dentro de un galpón de pollos mediante extracción de aire y calefacción a diésel, mejorando así la producción avícola.

### **1.2.2. ESPECÍFICOS**

- Establecer los factores críticos que influyen en el desarrollo del ave, para su control y regulación.
- Determinar la ubicación de los actuadores para una adecuada circulación y distribución del aire.
- Diseñar el sistema de control de temperatura y humedad dentro del galpón, para las diferentes etapas de crecimiento del pollo.
- Implementar el sistema de control que permita monitorear y operar el proceso
- Elaborar un manual de mantenimiento y guía de detección de fallas para todo el sistema.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

En el sector de la crianza avícola, es primordial incrementar la producción de pollos al menor costo posible. Esto se logra optimizando los distintos recursos que intervienen en la salud y crecimiento de las aves.

La automatización y control de los parámetros ambientales dentro del galpón, ayudan al mejor desarrollo de las aves y por consiguiente mejoran los índices productivos. Un ambiente con temperatura regulada, no sólo evita la mortalidad de los pollos, sino que además mejora notablemente la asimilación del alimento y por lo tanto el crecimiento y peso final. Ya que si se tiene cambios bruscos de temperatura estos pueden causar estrés en los pollos y reducir el consumo de alimento; o bien si las temperaturas son inadecuadas, estas pueden causar que las aves gasten más energía para mantener la temperatura corporal o que consuman mucha más agua que alimento.

En cuanto a la humedad, esta debe mantenerse durante las tres primeras semanas en un 65% y luego bajar a un 50%. Un exceso de humedad puede resultar perjudicial y provocar la difusión de enfermedades respiratorias y de la coccidiosis. Un porcentaje de humedad correcto favorece el normal desarrollo y emplume.

La buena ventilación es necesaria tanto para suministrar a los pollitos aire puro y oxigenado, como para eliminar los gases de la combustión y las emanaciones producidas por las deyecciones de los pollos. Por lo que es vital que los locales de crianza dispongan de diferentes sistemas de ventilación y se construyan en tal forma que se consiga una buena circulación del aire, pero evitando siempre las corrientes directas, especialmente las que se producen a nivel del piso.

El uso de diésel como principal combustible disminuye los costos por compra de gas, y el método de calefacción indirecta garantiza un ambiente totalmente seguro y sin contaminación dentro del galpón, tanto para las aves, como para las personas que se encargan de su alimentación

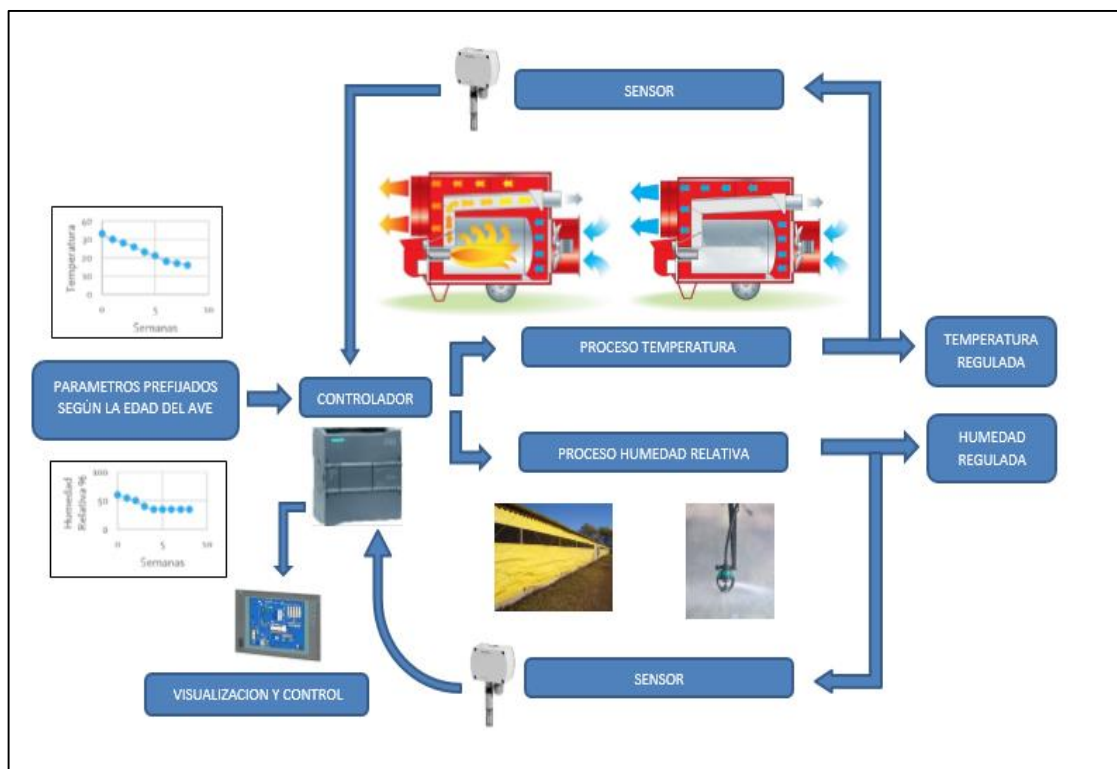
#### **1.4. ALCANCE**

El proyecto se enfoca en la elaboración de un sistema de control realimentado ON/OFF con histéresis, que permita controlar la temperatura y la humedad en un galpón de pollos durante todo el evento productivo.

Para el desarrollo del esquema presentado en la **Figura 1** se pretende realizar un análisis que permita determinar el tipo de aislamiento requerido para techo y paredes, y la forma más adecuada de concentrar la temperatura sin tener mayores pérdidas.

Posteriormente se instalara sensores de temperatura y humedad dentro del galpón de modo que se tenga una medida promedio de toda el área a ser controlada, dichos datos se enviaran a un controlador lógico programable PLC, el cual realizara las actividades que a continuación se describen.

**Figura 1.-Esquema del Proyecto**



Fuente: Autores

En cuanto al control de temperatura, se pretende utilizar un calentador industrial a diésel indirecto con chimenea externa, el mismo que se activara en sus dos etapas: calefacción, cuando la temperatura este por debajo del índice requerido; y cuando la temperatura este sobre dicho índice, se activara únicamente la turbina de aire del calentador permitiendo así el ingreso de aire frio hacia el galpón, además se instalara un sensor de nivel de combustible en el reservorio del calentador para monitorear la cantidad de diésel disponible y el consumo al final de la producción.

El control de la humedad relativa se lo realizara solo cuando la humedad este por debajo del límite requerido, debido a la acción del calentador, para lo cual se accionaran los micro-nebulizadores de neblina, en conjunto con las electroválvulas y una bomba de agua



acoplada a un reservorio que también contara con un sensor de nivel para determinar el consumo de agua durante toda la producción.

Además se instalara sensores de amoniaco, monóxido y dióxido de carbono que nos ayudaran a monitorear posibles fugas de gases de combustión, o un incremento en los gases producto de las deyecciones de las aves, que en caso de presentarse serán controlados mediante el ingreso de aire fresco por parte del personal mediante la apertura de las cortinas de ventilación.

Para la visualización y control del proceso se tendrá un panel HMI, que le permitirá al usuario observar los parámetros recomendados (temperatura y humedad), los parámetros actuales dentro del galpón, nivel de combustible y agua, y estado ambiental (niveles de CO, CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>). Además el usuario podrá detener el proceso de control ya sea para realizar un mantenimiento electrónico, reabastecimiento de combustible en el calefactor o en caso de que se quiera limpiar o fumigar el lugar.

Todas las actividades serán registradas mediante la función Datalogin del PLC, la cual almacenara las lecturas de los sensores de temperatura, humedad, nivel de líquidos, y concentración de gases, de modo que al final de la producción tanto el veterinario como el propietario de la granja tengan acceso a estos datos, necesarios para medir la eficiencia del sistema.

## **CAPÍTULO II**

### **INTRODUCCIÓN A LA AVICULTURA**

#### **3.1. LA AVICULTURA EN EL ECUADOR**

En el Ecuador, la explotación avícola se da en las tres regiones: Costa, Sierra, Oriente, excepto en la región Insular, y es el pollo una de las carnes más utilizadas para la alimentación en nuestro país. El ingreso y el éxito en una empresa avícola están en relación directa con la capacidad y pericia de quien lo establece y administra; el avicultor debe consagrarse por entero al negocio. (Zambrano, Avicultura en el Ecuador, 2012)

La avicultura es una de las cadenas de mayor importancia del sector agropecuario ecuatoriano, por le aporte a la seguridad alimentaria de nuestro pueblo, generación de empleos, además de los ingresos para pequeños productores del maíz y soya, que son las materias primas más utilizadas en la alimentación de las aves. (Zambrano, Avicultura en el Ecuador, 2013, p. 3)

El censo avícola del 2006 realizado por el Magap, Agrocalidad y Conave, identificaron a cerca de 1570 avicultores entre pequeños y grandes sin considerar la avicultura familiar o de traspatio. En el 2012 la producción de pollos broiler fue de 225203.414 un poco mayor al 2011 que llego a 222604.656. (Zambrano, Avicultura en el Ecuador, 2013, pág. 3)

Esto revela que la avicultura en el Ecuador crece año a año, siendo esta cadena, crucial para la alimentación del pueblo ecuatoriano.

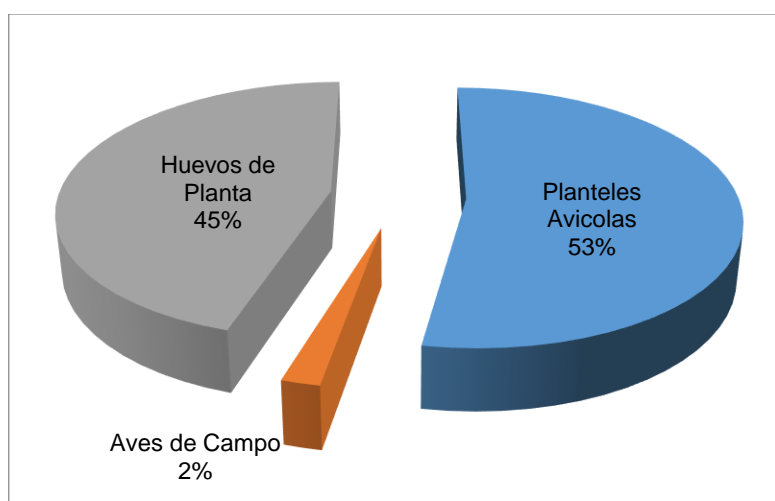
##### **3.1.1. INDUSTRIA AVÍCOLA ECUATORIANA**

La industria avícola ecuatoriana comprende las etapas de control genético, producción de aves reproductoras, producción de alimentos balanceados, incubación, crianza y beneficio de aves, y la comercialización de la producción final, pollos de carne y huevos, existen más de 100 tipos de gallinas en el mundo donde las más conocidas son las americanas; de manera que es necesario de otras actividades agrícolas para su desarrollo. Dentro de los mercados avícolas existen varios grupos humanos, tales como mayoristas, compañías comercializadoras, importadores, exportadores, almaceneras, y alrededor de esto hay

varios servicios, tales como financieros, proveedores de insumos, asesoría técnica e investigativa. (Zambrano, Avicultura en el Ecuador, 2013, pág. 4)

Con base al Censo Nacional Agropecuario del año 2000, la población de aves criadas en planteles avícolas (gallos, gallinas y pollos) se distribuye de la siguiente manera: sierra (49%), Costa (40%) y Oriente y Galápagos el (11%). (MAGAP, 2000)

**Figura 2.-Distribución Avícola en el Ecuador**



Fuente: Informe de estadísticas agropecuarias del Ecuador, 2012

Además de su raza, las gallinas también se dividen dependiendo del objetivo que se quiere para cada una de ellas. La clasificación se divide en cinco grupos: aves para producción de huevos, para consumo, para ambos, de campo y mejoradas:

#### **2.1.1.1. Productoras de huevos**

Aves productoras de huevos, se encuentran en establecimientos industriales y requieren un control sanitario constante y una alimentación balanceada para mantener un rendimiento adecuado; la raza más explotadas es la Leghorn, aves pequeñas pero, sin embargo, producen huevos grandes. (Perque, 2011)

#### **2.1.1.2. Productoras de carne (Broilers)**

Aves especializadas en la producción de carne para el consumo humano, requieren de una alimentación y cuidados sanitarios estrictos. Además, son muy propensas a contraer enfermedades, por lo que son muy exigentes en cuanto a las condiciones ambientales: necesitan una temperatura adecuada según la edad, con una humedad entre el 40 y el 60%, una buena ventilación, espacio suficiente para su movilidad, retiro regular de las

camas, limpieza y desinfección de los pisos e iluminación nocturna. Las razas productoras de carne más conocidas son las Hubbard, Arbor Acres y otros híbridos. (Perque, 2011)

#### **2.1.1.3. Productoras de huevo y carne (doble propósito)**

Aves especializadas en producir abundante cantidad de huevos y carne a la vez. La postura promedia los 200 huevos al año y los pollos dan buena carne aunque el crecimiento no es tan rápido como las razas especializadas. Son aves de temperamento tranquilo y se adaptan fácilmente a distintos climas. La raza Rhode Island, Plymouth Rock, Wyandotte, New Hampshire, Sussex y Orpington. (Perque, 2011)

#### **2.1.1.4. Tipo criollo o de campo**

Aves de gran resistencia es decir, pueden criarse bien dentro de un rango muy amplio de temperatura y humedad. Su alimentación se basa en los desechos de la huerta y el hogar, además son las aves con mayor resistencia a las enfermedades. Son aptas para la cría doméstica, pero su producción de carne y huevos es modesta. (Perque, 2011)

#### **2.1.1.5. Aves mejoradas**

Son el resultado de una cruce entre aves criollas con razas puras, obteniendo animales que combinan lo mejor de las distintas razas. Se requiere un gallo por cada 10 gallinas. Al segundo año se cambia al gallo por otro de la misma raza pura para que se aparee con las gallinas obtenidas el año anterior (ya mejoradas. (Perque, 2011)

## **2.2. FACTORES FÍSICOS QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DEL AVE**

En la crianza avícola, es de suma importancia contar con un adecuado entorno en el que se desarrolle el pollito, esto se logra con un buen adecuamiento del galpón, así como de los equipos necesarios para su óptimo desarrollo.

### **2.2.1. CONSTRUCCIÓN Y ADECUAMIENTO DEL GALPÓN**

#### **2.2.1.1. Orientación**

El galpón ideal es aquel que está orientado de oriente a occidente, de este modo, al amanecer y atardecer, el sol no alcanza los interiores del galpón, previniendo así, que los pollitos se amontonen en la sombra y mueran por hacinamiento. (Renteria, 2007)

Si el criadero se encuentra en un lugar donde las corrientes de aire son muy fuertes, se debe establecer barreras naturales como árboles, o artificiales como cortinas de polímero de tal modo que cubran las entradas al galpón y mantengan una temperatura estable. (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras Bolivia, 2012)

#### 2.2.1.2. Dimensiones

Las dimensiones del galpón dependen del número de pollitos que se pretenda alojar y al entorno donde se encuentre el criadero. (Centro de Formación INETADOTA - Producción Agropecuaria, 2010)

**Tabla 1.-Cantidad de Aves en un Galpón según el Clima**

CLIMA	CANTIDAD DE AVES X METRO CUADRADO
Frio	10 pollos x metro cuadrado
Templado	9 pollos x metro cuadrado
Cálido	8 pollos x metro cuadrado

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/44688470/Pollo-de-engorde>

De acuerdo a la tabla anterior podemos deducir que las dimensiones de un galpón que albergara 15000 pollos en clima Frio ( $15000/10$ ) debería tener una extensión de 1500 metros cuadrados. El ancho aconsejable en la construcción de galpones es de 10 a 15 metros, por lo que el largo del galpón a calcular con un ancho de 15 metros ( $15000/15$ ) sería de 100 metros.

#### 2.2.1.3. Pisos

Es recomendable que se construyan en cemento, y no en tierra, de un espesor aproximado de 10 cm ya que soportará el peso de la cama y de los pollitos.

Además el piso debe tener un desnivel del 3% desde los extremos al centro, para que al final de la producción se facilite el aseo y desinfección del lugar, garantizando de este modo buenas condiciones de higiene y una pronta recuperación antes de la siguiente camada. (Renteria, 2007)

#### 2.2.1.4. Muros, Ventanas y Puertas

Las paredes deben cubrir totalmente la parte frontal y posterior de la caceta, dejando un espacio para la puerta en caso de necesitarla. Mientras que a lo largo los muros deben cubrir parcialmente el interior de la caceta a una altura de 40 centímetros o más desde el

nivel del suelo, dependiendo del clima cuanto más bajo sea, mayor deberá ser esta altura de construcción.

En cuanto a los claros se recomienda ubicar malla metálica hasta el techo para permitir una adecuada ventilación, entrada de luz y protección contra amenazas externas. La altura en total de la pared debe ser de 2.50 metros en climas medios y de 2.80 para climas cálidos. (Centro de Formacion INETADOTA - Produccion Agropecuaria, 2010)

Las puertas pueden ser ubicadas a lo largo o a lo ancho del galpón dependiendo de su ubicación en la granja, de modo que facilite el despacho de aves e insumos.

#### **2.2.1.5. Techo**

El techo debe ser completamente impermeable, con suficiente inclinación para permitir el fácil escurrimiento del agua, con aleros o caída de 70 a 80 cm de manera que pueda proveer sombra en el verano y entrada de luz solar en el invierno. En climas cálidos se recomienda la construcción del techo en teja de barro como reductor de la temperatura y para climas fríos, la cubierta puede ser de Eternit o Zinc con techo falso de vinil o tela. (Reid & Pesti, 2001)

#### **2.2.1.6. Distancia entre galpones**

La distancia entre las cacetas de producción debe ser por lo menos el doble del ancho que tiene cada gallinero, incluyendo los aleros del techo, con esto se previene contagios de enfermedades y se garantiza una buena ventilación. (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras Bolivia, 2012)

#### **2.2.1.7. Poceta de desinfección**

Consiste en un recipiente de concreto, lleno de desinfectante a la entrada de cada galpón de modo que las personas encargadas del cuidado puedan desinfectar su calzado antes de entrar al gallinero. Se aconseja utilizar un producto yodado en una concentración de 20cm/litro de agua. (Centro de Formacion INETADOTA - Produccion Agropecuaria, 2010)

### **2.2.2. EQUIPOS**

#### **2.2.2.1. Bebederos**

Los bebederos proporcionan líquido vital al pollito que necesita agua cada 15 a 20 minutos, para asimilar el alimento y regular su temperatura corporal. (Reid & Pesti, 2001)

#### *2.2.2.1.1. Bebederos Manuales*

Son utilizados durante la primera semana, pueden ser de plástico y tienen una capacidad de 4 litros, suelen presentar fugas de agua si no están bien colocados, el cuidador del gallinero tiene que estar pendiente de llenarlos para que el pollito no tenga sed. Se coloca un bebedero por cada 50 aves. (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras Bolivia, 2012)

#### *2.2.2.1.2. Bebederos Automáticos*

Son bebederos acoplados a una línea de distribución de agua. Existen dos variedades de válvula o de pistola, estos facilitan la crianza puesto que el pollo contara permanentemente con agua fresca y no es necesario que el galponero o cuidador los esté llenando como los bebederos manuales. Se coloca un bebedero por cada 50 pollos. (Renteria, 2007)

### **2.2.2.2. Comederos**

Los comederos proporcionan suficiente alimento al ave, el tipo de comedero utilizado varía según la edad del ave y el tipo de funcionamiento.

#### *2.2.2.2.1. Bandejas de Recibimiento*

Son comederos que se utilizan especialmente en la primera semana de modo que los pollitos recién nacidos tengan fácil acceso al alimento. Se utiliza una por cada 50 pollitos. (Centro de Formacion INETADOTA - Produccion Agropecuaria, 2010)

#### *2.2.2.2.2. Comederos Tubulares*

Son comederos en forma de tubo, hechos en plástico o aluminio, cuentan con un reservorio y una bandeja circular, el llenado del alimento se lo realiza manualmente.

#### *2.2.2.2.3. Comederos Automáticos*

Son comederos tubulares acoplados a una tubería de sólidos que es accionada por un motor y un temporizador cada determinado tiempo, permitiendo la distribución de alimento dentro de todo el galpón.

### **2.2.2.3. La Criadora**

Cuando se habla de la criadora nos referimos a la fuente calorífica del galpón, la cual deberá generar un calor adicional al ambiente indispensable para la subsistencia del ave, especialmente en los primeros días de vida. Las criadoras pueden ser eléctricas, a gas o a diésel. Por lo general las criadoras eléctricas abastecen a 250 pollitos, las criadoras a

gas 1000 pollitos y las criadoras a diésel pueden abastecer todo un lote. (Centro de Formacion INETADOTA - Produccion Agropecuaria, 2010)

#### **2.2.2.4. La Báscula**

La Báscula es el instrumento de diagnóstico de peso y desarrollo del ave, se deben realizar dos pesajes por semana con el fin de conocer la asimilación de alimento e incremento de masa. Posteriormente estas medidas podrán ser comparadas con tablas ya establecidas de lotes anteriores u otros lotes que se estén manejando en paralelo.

#### **2.2.2.5. Las Cortinas**

El sistema de cortinas cubre los claros que tenga el galpón y por lo tanto forma parte del sistema de ventilación y calefacción, su izado se puede realizar de forma automática o manual. Se recomienda bajar y subir las cortinas por lo menos 5 veces al día, de este modo se logra una oxigenación adecuada de la caceta y se contribuye a conservar la temperatura interna. (INDIV, 2013)

#### **2.2.2.6. La Cama**

La cama es el material vegetal seco en el cual se recibirá al pollito y el cual soportara sus desechos durante todo el evento productivo. Para ello se puede utilizar distintos materiales como: viruta de madera, cascarilla de arroz, cascarilla de café, cascarilla de soya, tamo de cebada o bagazo de caña; dependiendo de las zonas donde esté ubicada la granja. Se aconseja utilizar una capa de 5 a 10 cm. de altura de modo que la cama nunca este húmeda, siendo la capa más gruesa en el sitio inicial donde se recibirá el pollito.

### **2.3. FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DEL AVE**

#### **2.3.1. TEMPERATURA**

En el desarrollo de los pollitos es crítico mantener los niveles de temperatura adecuada, principalmente las dos primeras semanas de vida. Los pollitos recién nacidos no se encuentran preparados para regular sus procesos metabólicos y controlar adecuadamente la temperatura de su cuerpo, por lo cual dependen de la temperatura ambiental para mantener su temperatura corporal óptima. Los pollitos desarrollan su capacidad de regular la temperatura alrededor de los 12 a 14 días de edad.



**Tabla 2.- Temperatura de la Crianza**

<b>EDAD</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
1o.-2o.Día	32-33
3o.-7o. Día	29-30
2a. Semana	27-29
3a. Semana	25-27
4a. Semana	23-25
5a. Semana en Adelante	21-23

Fuente: Quintana, J. (2011). Avitecnia, Manejo de las aves domésticas más comunes (Cuarta ed.). México: Trillas.

Si la temperatura ambiental varía, también lo hará la temperatura corporal del pollito. Así mismo si aumenta la temperatura corporal de los pollitos también aumentara la temperatura ambiental interna del criadero.

### **2.3.1.1. Efectos de la temperatura sobre las aves**

Al tener cambios bruscos de temperatura es decir demasiado frio o calor durante las primeras semanas, se puede ocasionar una mala conversión alimenticia o mayor susceptibilidad a enfermedades e incluso la muerte de los pollitos. La zona de neutralidad térmica de las aves se encuentra entre 15 y 25 °C, al disminuir o exceder esta zona el ave empieza a presentar determinados problemas en su organismo. (Quintana, 2011)

#### *2.3.1.1.1. Consumo excesivo de alimento*

A menos de 10 °C las aves comen más y requieren mayores niveles de energía para mantener la temperatura del organismo.

#### *2.3.1.1.2. Estados de Tensión o Estrés en las aves*

Al tener temperaturas superiores a los 32 °C, estas generan estados de tensión y estrés en las aves, impidiéndoles desarrollarse correctamente, generalmente esto también depende de factores como:

- Sobre densidad de población.
- Edad del ave.
- Condiciones de ventilación de la caseta.
- Disponibilidad del agua de bebida.
- Niveles elevados de humedad.

#### *2.3.1.1.3. Consumo excesivo de agua y disminución del consumo alimenticio*

Si la temperatura ambiental se ubica por encima de los 32 °C, el pollito tiende a consumir el doble de agua y a disminuir sustancialmente el consumo de alimento, con lo cual se afecta directamente la conversión alimenticia generando pérdidas de peso y adelgazamiento. Generalmente se puede decir que en climas fríos las aves beben el doble de lo que comen, mientras que en climas cálidos la cantidad de agua consumida aumenta al triple del alimento consumido. (Quintana, 2011)

#### *2.3.1.1.4. Golpe de Calor*

Cuando la temperatura ambiente alcanza de 38 a 40 °C y la humedad relativa se encuentra entre 50 y 55, en los pollos la temperatura corporal puede alcanzar de 45 a 48 °C y provocar la muerte por golpe de calor.

### **2.3.1.2. Regulación corporal de la temperatura del ave**

Las aves son de sangre caliente lo que les permite mantener su temperatura interna bastante uniforme siempre y cuando los niveles térmicos dentro del galpón estén dentro de los límites indicados. Cuando la temperatura ambiental excede la zona de neutralidad térmica, los pollitos realizan cambios metabólicos para mantener su temperatura corporal y experimentan ciertos mecanismos para eliminar el calor, como son:

#### *2.3.1.2.1. Radiación*

Se produce cuando la temperatura del ave es mayor a la del aire adyacente, por lo que el pollito empieza a irradiar calor mediante la superficie de la piel, incrementando el jadeo y la evaporación a través de la piel, la cual es muy delgada y compensa en parte la carencia de glándulas sudoríparas.

#### *2.3.1.2.2. Conducción*

Cuando la superficie del ave entra en contacto con cualquier objeto, esta dona parte de su calor corporal, para ello el pollito extiende sus alas, pues en la parte ventral existe una zona de apterillos y grandes vasos sanguíneos, lo cual facilita la eliminación de calor al entrar en contacto con el piso la mayor superficie corporal posible. (Quintana, 2011)

#### *2.3.1.2.3. Convección*

El aire de la caceta al entrar en contacto con el ave, incrementa su temperatura, se expande y asciende, arrastrando calorías. El ave por su parte produce un esponjamiento de las plumas con el fin de permitir el paso del aire. Si se tiene una buena ventilación las pérdidas por convección aumentan reduciendo la temperatura corporal del ave.

#### *2.3.1.2.4. Evaporación de agua*

Sucedee cuando la temperatura del aire se va acercando a la temperatura interna del ave, resultando ineficiente los tres anteriores mecanismos. Es entonces cuando el ave usa el proceso de evaporación de la humedad por medio del recubrimiento húmedo del aparato respiratorio, es decir que aumenta su ritmo respiratorio y pierde calor.

#### *2.3.1.2.5. Excreción*

El ave puede liberar una pequeña cantidad de calor por medio de la deposición, el recto transfiere parte del calor interno a las heces.

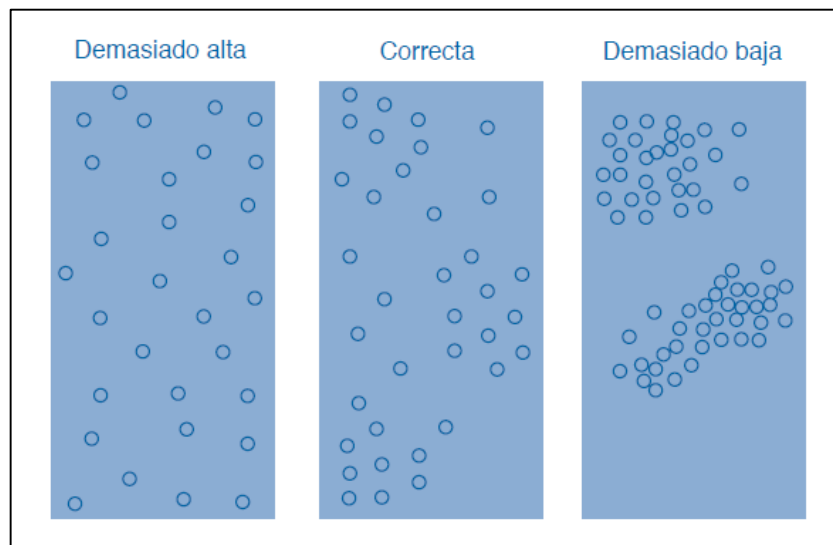
#### *2.3.1.2.6. Refrescamiento*

“Las gallinas cuando hace calor beben más agua y se remojan sus crestas, barbillas y plumas con el agua con lo que se refrigeran ellas mismas. También se ha señalado que buscan ellas mismas lugares frescos y reducen su actividad durante la parte más calurosa del día.” (Depto. de Producción Animal, Fac. de Veterinaria, Univ. de Murcia, 2004)

### 2.3.1.3. Comportamiento de las aves según la temperatura

“El comportamiento del pollito es el mejor indicador de la temperatura correcta, muestra cómo se modifica la distribución de los pollitos durante la cría en la caseta de producción a diferentes temperaturas. Bajo este sistema, la temperatura correcta estará indicada por la presencia de grupos de 20-30 pollitos, con movilización entre grupos. Siempre debe haber aves comiendo y bebiendo.” (Aviagen-Centro Tecnico, 2010, p. 121)

**Figura 3.- Conducta Típica de los Pollitos a Diferentes Temperaturas**



Fuente: [http://es.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/Manual-del-pollo-Ross.pdf](http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Manual-del-pollo-Ross.pdf)

### 2.3.2. HUMEDAD

“La capacidad del aire para mantener la humedad depende de su temperatura. El aire tibio puede contener más humedad que el aire frío. El término humedad relativa se refiere al porcentaje de saturación de agua en el aire a cualquier temperatura dada. El nivel de humedad influye en la capacidad del ave para enfriarse mediante el jadeo, e influye en la producción de amoníaco.” (Fairchild, 2012, p. 1)

El cuerpo del ave está constituido por aproximadamente 70% de agua, debido a su ingesta de dos a tres litros de agua por kilogramo de alimento. Gran parte del agua consumida regresa a la caseta de producción a través de las deposiciones del ave, lo cual aumenta la humedad del ambiente. La gallinaza producida por cada ave tiene aproximadamente 70% de humedad; un pollo de carne en siete semanas elimina alrededor de 5 kg de gallinaza. Los niveles de humedad relativa dentro de la caseta varían según la temperatura interior,

a saber: a temperatura menor, mayor será la humedad y a temperatura mayor menor será la humedad. (Quintana, 2011)

**Tabla 3.- Humedad Requerida en el Proceso Avícola**

EDAD	Humedad R. (%)
1o.-2o.Día	50-55
3o.-7o. Día	50-60
2a. Semana	55-60
3a. Semana	60-65
4a. Semana	65-70
5a. Semana en Adelante	65-70

Fuente: Quintana, J. (2011). Avitecnia, Manejo de las aves domésticas más comunes (Cuarta ed.). México: Trillas.

De acuerdo a la tabla anterior se puede decir que debemos supervisar diariamente el nivel de humedad relativa en el gallinero, ya que si esta cae por debajo del 50% durante el proceso productivo, el ambiente se tornara seco y polvoriento provocando deshidratación y problemas respiratorios y por ende la producción se verá afectada negativamente. Por el contrario si los índices exceden el 70% de humedad en la cama se tiende a aumentar los malos olores (Amoniaco) y provoca la proliferación de enfermedades y hongos. (Aviagen-Centro Tecnico, 2010)

En consecuencia hay que buscar aumentar la humedad dentro de los rangos especificados mediante el uso de boquillas nebulizadoras de alta presión o aspersores de mochila, con el fin de proveer un roció fino sobre el ambiente mas no directamente sobre los pollitos. En caso de que la humedad sea excesivamente alta se podrá reducir mediante el uso de sistemas de ventilación y calefacción. (Aviagen-Centro Tecnico, 2010)

La cantidad de humedad producida por la respiración y excreción del ave varía según su edad y peso, es decir que conforme el pollito vaya creciendo la humedad y calor producidos irán disminuyendo. La respiración y pérdida de calor se dificultan a medida que aumentan la temperatura ambiental y la humedad relativa.

**Tabla 4.- Calor y Humedad producidos por las aves**

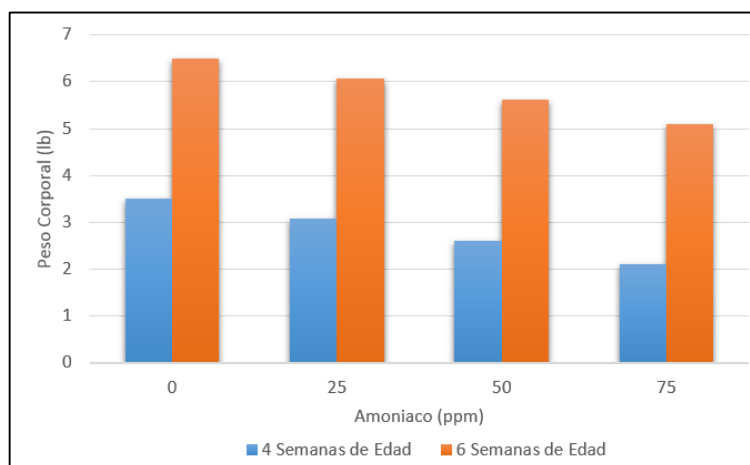
TIPO DE AVE	Humedad R. Producida (%) (g/hora/kg de peso)	Calor producido (kcal/hora/kg de peso)
Pollos hasta de 100 g	10.8	15.5
Pollos de 100 a 500 g	9.2	11.2
Pollos de 500 g a 1 kg	7.3	7.5
Pollos de 1 a 2 kg	5.4	5.2

Fuente: Quintana, J. (2011). Avitecnia, Manejo de las aves domésticas más comunes (Cuarta ed.). México: Trillas.

### 2.3.3. AMONIACO

“El amoníaco es un gas que se produce por la degradación bacteriana de aquellos compuestos orgánicos, como la gallinaza (excremento de las aves), que contienen nitrógeno. El calor, la humedad, falta de ventilación y exceso de población son factores que contribuyen a la aceleración de esta transformación.” (Quintana, 2011, p. 62)

**Figura 4.- Efecto del Amoniaco sobre el Peso del Ave**



Fuente: <http://www.elsitioavicola.com/articulos/2188/control-de-factores-ambientales-en-la-crianza-de-pollitos-2>

La concentración de amoníaco se expresa en ppm (Partes por millón) y pueden ser perceptible por el olfato humano en concentraciones de 10 ppm, pudiendo ocasionar irritación y escozor de los ojos en concentraciones superiores a los 15 ppm. El amoníaco genera un déficit en el desarrollo y salud del ave. Numerosas investigaciones han demostrado que en ambientes con niveles elevados de amoníaco, el sistema inmunológico

del ave tiende a deteriorarse aumentando la presencia de enfermedades respiratorias, así como también, se presenta una reducción significativa en la tasa de crecimiento, siendo irrecuperable durante el resto del proceso productivo. (Fairchild, 2012)

**Tabla 5.- Niveles de Amoniaco en partes por millón y signos**

NH3 (ppm)	Signos
5 a 10	Se detectan por el olfato.
20*	Aumentan la irritación, escozor, provocan lagrimeo y estado de tensión.
40	Provoca inflamación ocular de las aves y del hombre, lo cual predispone a la ulceración de lo conjuntivo. Así mismo, causa sensibilidad anormal a la luz solar.
70	Disminuye el consumo de alimento 5% durante la fase de desarrollo (de 15 a 19 semanas), disminuye 10% la postura, se retrasa una semana la madurez sexual, el pie de postura no alcanza más de 80%.
90	Disminuye el consumo de alimento 5 % durante la fase de crecimiento (de siete a 14 semanas) y 10 % en la fase de desarrollo, disminuye 15 % la postura, se retrasa dos semanas la madurez sexual y el pie de postura no alcanza más de 70 %.
100	Reducción brusca del apetito, del crecimiento y del ritmo respiratorio.
200	Se reduce bruscamente la postura durante dos semanas.
500	Dosis letal.
*Concentraciones mayores a 20 ppm ocasionan parálisis ciliar, provocando la entrada de microorganismos al ave	

Fuente: Quintana, J. (2011). Avitecnia, Manejo de las aves domésticas más comunes (Cuarta ed.). México: Trillas.

### 2.3.3.1. Alternativas para disminuir la producción de amoníaco

Para disminuir los niveles de amoniaco se recomienda:

- El cambio de cama debe ser una vez por lote, debido a que muchos avicultores utilizan la misma cama en 2 o más producciones con el fin de abaratar costos.
- Otra solución es el uso de enmiendas o químicos acidificantes es decir materiales alcalinos adsorbentes e inhibidores que impiden la actividad de bacterias y encimas involucradas en la producción de amoniaco,



- Disminuir las pérdidas de nitrógeno por volatilización (cambio de estado sólido a gaseoso) mediante el uso de compuestos químicos como el sulfato de calcio o más conocido como yeso agrícola, el cual disminuye la humedad en la cama y aumenta la fijación del nitrógeno.
- El aire fresco y limpio reduce enormemente los índices de amoníaco, para ello se recomienda que el gallinero cuente con una adecuada ventilación y extracción de aire, ya sea por medio de ventiladores, extractores o cierre y apertura de cortinas. (Oliveros, Vasilio, & Farfan, 2008)

#### 2.3.4. DIÓXIDO DE CARBONO

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se produce tanto por la espiración de las aves como por las emisiones del sistema de calefacción del gallinero. Los altos niveles de dióxido de carbono provocan letargos en las aves y disminuyen la conversión alimento peso; es por esto que se debe procurar una ventilación adecuada con el fin de tener concentraciones menores a los 5000 ppm. (Universidad de Georgia, 2012)

**Tabla 6.- Efectos del Bióxido de Carbono en el ambiente de una caseta**

CONCENTRACIÓN (ppm)	EFFECTOS
5000	Máximo tolerado por las aves durante periodos largos.
10000	Máximo tolerable por las aves durante periodos cortos.
20000	Durante más de 12 h disminuye la caída del cascarón.
40000	Durante más de 12h disminuye la postura.
50000-100000	Produce dificultad para respirar.
300000	Dosis letal.

Fuente: Quintana, J. (2011). Avitecnia, Manejo de las aves domésticas más comunes (Cuarta ed.). México: Trillas.

Si la ventilación de la caseta es defectuosa, se produce concentraciones altas de CO<sub>2</sub> y bajos niveles de oxígeno, el cual se encuentra en una proporción de 20 a 21 % en el aire y no debe descender más de 15 %. Cabe decir que el amoníaco es tres veces más difícil de eliminar que el dióxido de carbono, por lo que si se controla los niveles de amoníaco automáticamente se estará reduciendo las concentraciones de dióxido de carbono. (Quintana, 2011)

### 2.3.5. MONÓXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro es decir que no se lo puede ver ni oler, es producido por la combustión deficiente de sustancias como gas, gasolina, diésel o madera. Si las criadoras presentan fugas o defectos en la combustión, los niveles de este gas pueden subir hasta índices mortales tanto para seres humanos como para aves.

**Tabla 7.- Efectos del Monóxido de Carbono**

CONCENTRACIÓN (ppm)	EFFECTOS
55 mg/m <sup>3</sup> (50 ppm)	Ningún efecto adverso
100 ppm	Exposición de varias horas sin efecto
400 - 500 ppm	Exposición una hora sin efectos
600 - 700 ppm	Efectos apreciables a la hora
1200-1500 ppm	Efectos peligrosos a la hora
0,40%	Mortal a la hora

Fuente: Chemical Bond Approach Project. (1996). Sistemas Químicos. Michigan: Reverte S.A.

### 2.3.6. VENTILACIÓN

“La principal manera de controlar el ambiente de las aves es manejando la ventilación, pues es esencial aportar aire de buena calidad en forma constante y uniforme al nivel de las aves. En todas las etapas del crecimiento, los pollos necesitan aire fresco para conservar la salud y lograr todo su potencial.

La ventilación ayuda a mantener las temperaturas dentro del galpón, dentro de la “zona de confort” de los animales. Durante las primeras etapas del período de producción la principal preocupación es mantener a las aves con el calor suficiente, pero conforme crecen, el principal objetivo es mantenerlas suficientemente frescas. Los galpones y los sistemas de ventilación que se utilicen dependen del clima, pero en todos los casos la ventilación efectiva debe eliminar el exceso de calor y humedad, proporcionar oxígeno y mejorar la calidad del aire al eliminar los gases nocivos.” (Aviagen Tech Center, 2009, p. 33)

### **2.3.6.1. Ventilación Natural: Galpones Abiertos**

“La ventilación natural se refiere a las casetas abiertas a los lados y provistas de cortinas completas, cortinas superiores o puertas. La ventilación natural implica abrir el o los lados del galpón para permitir que las corrientes de convección hagan que el aire fluya hacia el interior del galpón y a través de él. Las cortinas laterales son lo que se utiliza más comúnmente, por lo que la ventilación natural suele denominarse ventilación con cortinas. Cuando hace calor, las cortinas se abren para permitir la entrada del aire y cuando hace frío se cierran para restringir el flujo del aire.

Con el sistema de ventilación con cortinas se requiere manejo continuo las 24 horas si se desea controlar satisfactoriamente el ambiente interior. Se requiere monitorear constantemente las condiciones y el ajuste de las cortinas para compensar los cambios de temperatura, humedad y velocidad y dirección del viento.” (Aviagen Tech Center, 2009, p. 33)

### **2.3.6.2. Ventilación Forzada: Galpones con Ambiente Controlado**

“La ventilación forzada o ventilación con presión negativa es el método más popular para controlar el ambiente. El mejor control de las tasas de recambio de aire y de los patrones de flujo de éste, proporciona condiciones más uniformes a todo lo largo del galpón. Los sistemas de ventilación forzada utilizan extractores eléctricos para jalar el aire hacia afuera, creando así una presión más baja dentro que fuera del galpón. Esto produce un vacío parcial (presión negativa o estática) dentro de la construcción, de tal manera que el aire de afuera puede ingresar a través de aberturas controladas en las paredes laterales. La velocidad a la cual el aire ingresa al galpón está determinada por la cantidad de vacío que exista dentro de éste. A su vez, el vacío está determinado por la capacidad de los extractores y por el área de las entradas de aire”. (Aviagen Tech Center, 2009, p. 34)

## **2.4. GRANJA AVÍCOLA “LA ESPERAZA”**

La granja “La Esperanza” se encuentra ubicada en el sector de Moronga comunidad perteneciente a la parroquia de Malchiguí, ubicada en el cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha, esta zona fría es un espacio andino que oscila entre los 575 a 4,500 m.s.n.m. La granja “La Esperanza” es una avícola anexa a la corporación AVITALSA, grupo dedicado a la comercialización de pollos de consumo cárnico; En promedio la granja la

Esperanza en conjunto con sus seis galpones produce 80000 pollos de 5 y 6 libras por camada.

## **2.4.1. ESTADO ACTUAL DE LA GRANJA**

### **2.4.1.1. Instalaciones de la granja**

Las instalaciones esta ubicadas en un sector alejado de la población, ya que por aspectos de salubridad, este no debe estar cerca de lugares urbanísticos. Las instalaciones son adecuadas para la crianza de pollos boiler, cuenta con 4 galpones de 72 m de largo por 12 m de ancho. La granja posee infraestructura de buena calidad, los sistemas de alimentación son automáticos, mientras que el sistema de calefacción es mediante la utilización de calentadores directos a gas. Actualmente las ganancias son mínimas debidos al costo de este combustible y a los efectos perjudiciales de su combustión en las aves. Los costos por calefacción ascienden a los \$3000 dólares, por galpón dentro de una producción y a su vez el índice de mortalidad en las aves es mayor por la concentración de gases dentro del galpón.

**Figura 5.-Granja “La Esperanza”**



Fuente: Autores

#### *2.4.1.1.1. Techo*

El techo se compone de planchas metálicas ubicadas de forma triangular conocido como cubierta a dos aguas, con aleros de 70cm a cada lado.

#### *2.4.1.1.2. Paredes y Ventanas*

Las paredes son de bloque de 15cm, se encuentra cubiertas por una base de cemento y pintura blanca. La parte frontal y posterior son cerrados en su totalidad mientras que los

laterales son de 1m de altura. Las ventanas van a una altura de 1m sobre el suelo hasta el techo a lo largo de la caseta en las paredes laterales del galpón.

#### 2.4.1.1.3. Pisos

El piso es de concreto lizo, sobre él se encuentra una capa de cascarilla de arroz con un espesor de 10 cm.

#### 2.4.1.1.4. Cortinas

Las cortinas son de poliéster, denominadas comercialmente como cortinas blancas, estas recubren los claros del galpón en la parte externa e interna. Las cortinas son abiertas o cerradas dependiendo de la temperatura externa y a determinadas horas del día para ventilar el galpón.

#### 2.4.1.1.5. Bebederos y Comederos

Los bebederos son manuales en forma de tolva, con una capacidad de 4 litros y se encuentran acoplados a un sistema de distribución de agua. Los comederos son automatizados mediante temporizador, el alimento se almacena en una tolva y mediante una tubería de solidos se desplaza el alimento hacia cada recipiente con la ayuda de un motor ubicado al final de cada tubería.

**Figura 6.-Estructura del Galpón**



Fuente: Autores

#### **2.4.1.2. ASPECTOS AMBIENTALES**

Según reportes proporcionados por el INAMHI, se presentan temperaturas que oscilan entre los 21 °C y 38 °C, la humedad relativa es del 60 al 80% dependiendo la época del año. Los niveles de pluviosidad de la zona no fueron tomados en cuenta para el diseño de las casetas.

#### **2.4.2. REQUERIMIENTOS**

El galpón No. 2 de la granja “La Esperanza” necesita cumplir los siguientes requisitos para mejorar su producción y economizar gastos.

- La temperatura debe variar automáticamente desde 32 °C hasta 21 °C según el día de crianza, con un margen de error de 5 °C.
- La humedad debe ser controlada automáticamente de modo que permanezca entre 50 hasta 70 %HR dependiendo del día de crianza.
- Se debe sustituir las fuentes caloríficas de gas, por una fuente calorífica a diésel, capaz de cubrir las necesidades térmicas y reducir costos de combustible.
- Se requiere mejorar la ventilación dentro del galpón para disminuir el exceso de temperatura y las concentraciones de gases nocivos como el Amoniac, CO<sub>2</sub> y CO, generando así un ambiente más limpio y seguro tanto para las aves como para las personas encargadas del cuidado del gallinero.
- Implementar un tablero de control que permita cumplir todos los requisitos anteriores y funcione como herramienta de control y monitoreo por parte del personal.
- Durante todo el evento productivo se llevara un registro de datos que permita evaluar estadísticamente el rendimiento del nuevo sistema.

## CAPITULO III

### DISEÑO DEL SISTEMA DE AMBIENTE CONTROLADO

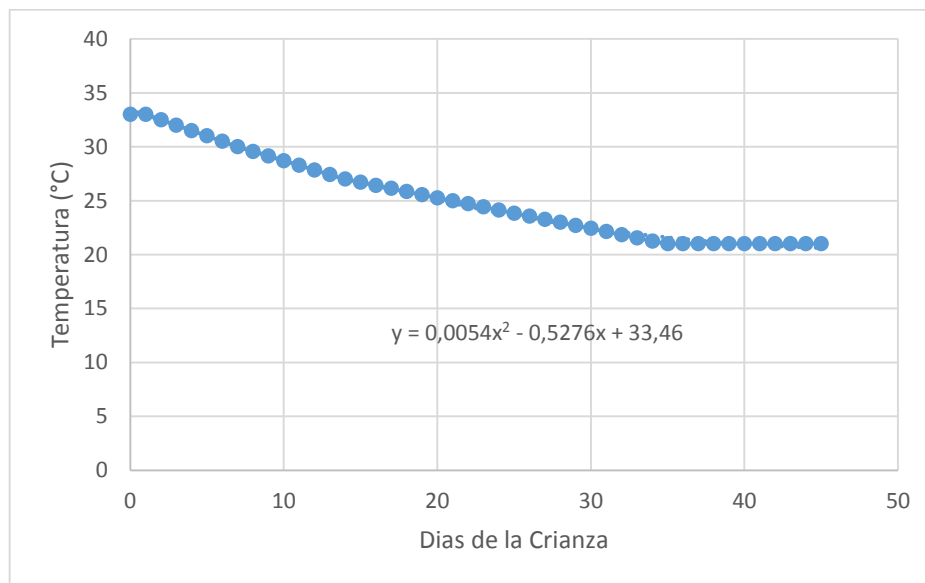
#### 3.1.SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

##### 3.1.1. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

##### 3.1.1.1. Set Point de Temperatura Variable

El proceso de crianza avícola comprende 45 días, en los cuales el punto de control de la temperatura debe ir variando paulatinamente (**Figura 1 y 3**), partiendo desde el primer día donde se recibe los pollitos bebes, a una temperatura de 32 °C hasta el último día en el que se despachan las aves adultas y donde la temperatura debe alcanzar los 21 °C.

**Figura 7.- Grafico Temperatura vs Edad del Ave**



Fuente: Autores

De la **Figura 7** se utiliza la herramienta tendencia y ecuación del programa Microsoft Excel, el cual usa el método de regresión por mínimos cuadrados para deducir la ecuación que relaciona temperatura y edad durante todo el proceso productivo.

##### Ecuación 1.-Ecuación Característica de una Función Cuadrática

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2$$

Fuente: Quintana, P. (2005). Métodos Numericos con Aplicaciones en Excel. Barcelona: Reverté Ediciones.

Para determinar los valores de a, b y c, se resuelve la matriz de regresión cuadrática, con los datos de la **Figura 7**.

### **Ecuación 2.- Matriz de Regresión Cuadrática**

$$\begin{pmatrix} N & \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i^2 & \sum_{i=1}^N x_i^3 & \sum_{i=1}^N x_i^4 & \sum_{i=1}^N x_i^2 \cdot y_i \end{pmatrix}$$

Fuente: Quintana, P. (2005). Métodos Numericos con Aplicaciones en Excel. Barcelona: Reverté Ediciones.

Y se encuentra la siguiente ecuación:

### **Ecuación 3.-Ecuación para la Temperatura**

$$y = -0,0054x^2 - 0,5276x + 33,46$$

$$\text{Set Point de Temperatura}(^{\circ}\text{C}) = -0,0054\text{dias}^2 - 0,5276\text{dias} + 33,46$$

Fuente: Autores

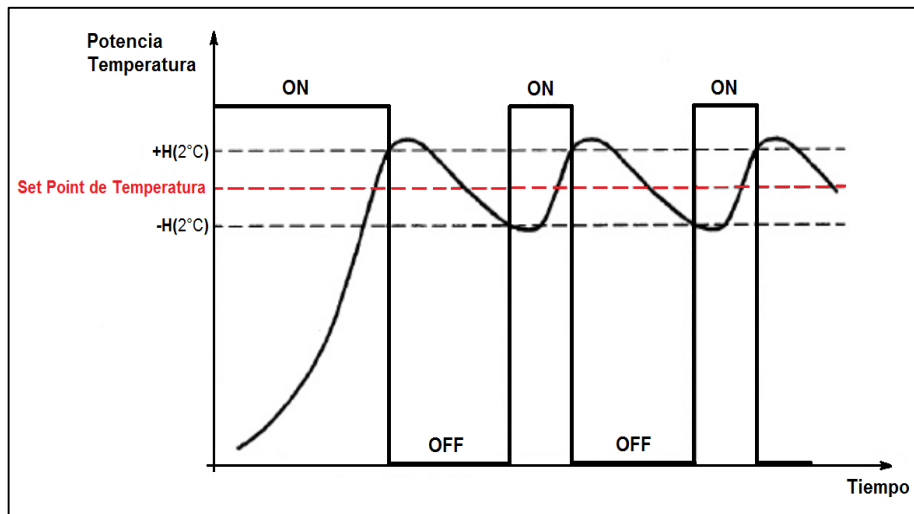
Siendo **y** el set point de temperatura variable requerido durante los 45 días del evento productivo.

#### **3.1.1.2. Margen de Histéresis de Temperatura**

En el proceso avícola se puede tener un margen de error de 5°C, lo que se puede optimizar mediante un control ON/OFF por histéresis tal como se muestra en la siguiente gráfica. La temperatura oscila alrededor del set point de temperatura variable. Cuando la curva está por debajo del margen de histéresis positivo, el calefactor trabaja en modo calefacción, una vez que excede dicho límite el calefactor trabaja en modo ventilación hasta que la temperatura sea menor que el margen negativo de histéresis, obteniendo una variación cíclica de la variable a controlar.



**Figura 8.- Grafico Histéresis de Temperatura**

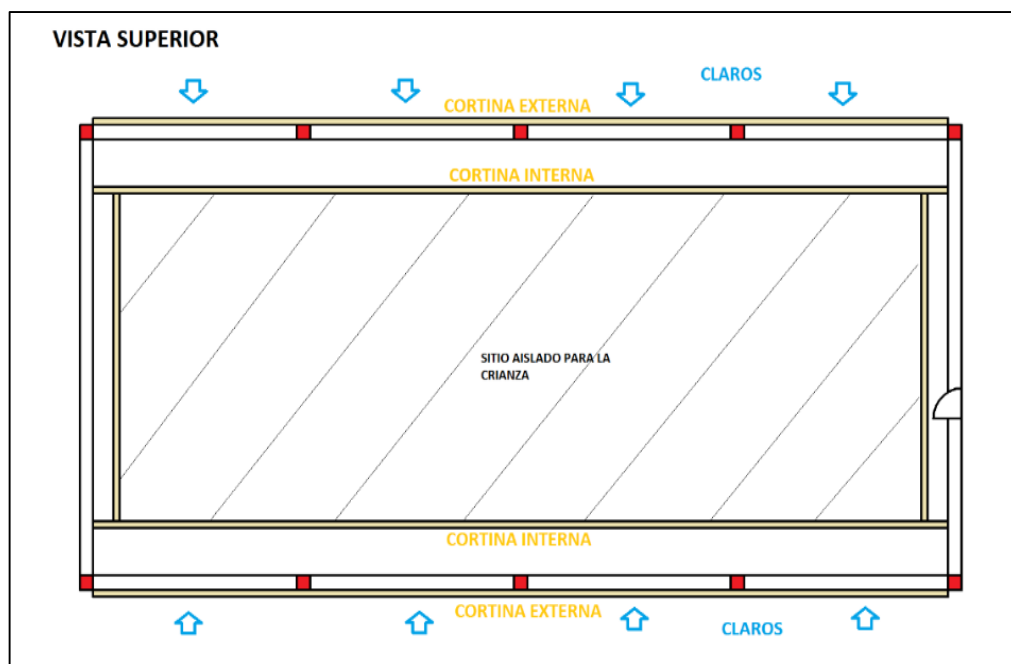


Fuente: Autores

### 3.1.1.3. Aislamiento Térmico por Doble Cortina

Para garantizar la conservación del calor generado por el calefactor se debe instalar un sistema de doble cortina, es decir la cortina externa existente que cubre los claros del galpón y aparte una cortina interna que forme un túnel dentro del galpón donde se ubicaran las aves y se les garantizara una temperatura adecuada sin altas variaciones.

**Figura 9.- Aislamiento de Doble Cortina**

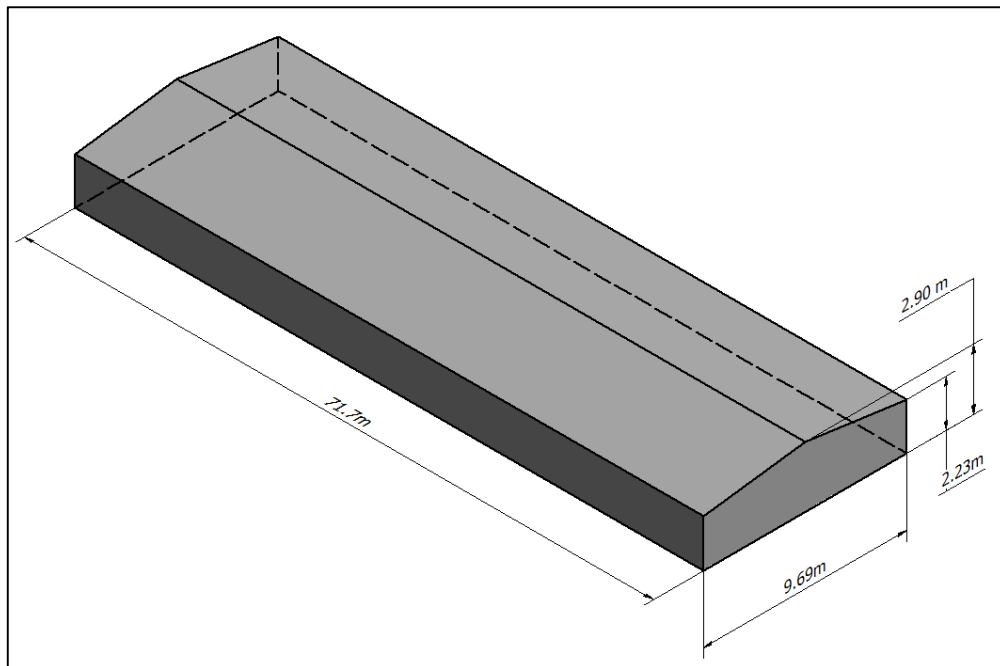


Fuente: Autores

### 3.1.1.4. Potencia Calorífica

Una vez acoplado el sistema de aislamiento por doble cortina se genera un espacio dentro del galpón, en donde el calefactor ingresara aire caliente, para ello se debe calcular las necesidades térmicas necesarias para elevar la temperatura de 10 °C (temperatura ambiente más baja registrada) hasta 35 °C (temperatura más alta requerida al interior del galpón).

**Figura 10.- Zona del Galpón destinada a la Calefacción y Crianza**



Fuente: Autores

De acuerdo a la **Figura 10** se procede a calcular el Area de la seccion frontal del galpon:

$$A_{Seccion\ Frontal} = A_{Seccion\ Triangular} + A_{Seccion\ Rectangular}$$

$$A_{Seccion\ Frontal} = \frac{9,69 * 0,67}{2} + (9,69 * 2,23) = 24,85\ m^2$$

Complementario a esto el volumen estaría dado por:

$$Volumen\ de\ Aire = A_{Seccion\ Frontal} * l_{Largo\ del\ Galpon}$$

$$Volumen\ de\ Aire = 24,85m^2 * 71,7m = 1782,09\ m^3$$

De acuerdo al catálogo de Calefactores a Diésel, la Potencia Calorífica se expresa:

#### **Ecuación 4.-Requerimientos Caloríficos para Volúmenes de Aire**

$$Potencia \left( \frac{kcal}{h} \right) = V * \Delta T * K$$

Fuente: Catalogo Calefactores Biemedue – Farm

En donde:

$V =$  Volumen del ambiente a calentar en  $m^3$

$\Delta T^\circ =$  Incremento de temperatura en  $^\circ C$

$K =$  Coeficiente de dispersion del calor en base al material de la caseta

Para el sistema a implementarse los datos son:

$$V = 1782,09 m^3$$

$$\Delta T^\circ = 35^\circ C (T^\circ \text{mas alta requerida}) - 10^\circ C (T^\circ \text{ambiente mas baja}) = 25^\circ C$$

$K = 2,0$  ; Construcciones poco aisladas, de pared simple con ventanas y techo no aislado

El resultado de la **Ecuación 4** es:

$$Potencia = 1782,09 m^3 * 25^\circ C * 2.0$$

$$Potencia = 89104 kcal/h$$

En base a los requerimientos descritos se procede a elegir los componentes a ser utilizados para controlar la temperatura.

### **3.1.2. COMPONENTES UTILIZADOS**

#### **3.1.2.1. Aislamiento por Cortinas de Poliéster**

Las cortinas son de poliéster con tejido plano, resistentes a la lluvia y alta protección contra los rayos UV. El sistema de cortinas externa se maneja mediante un mecanismo de manivela con polea, cuerdas y contrapesos, del cual, la apertura y cierre estará a cargo del personal, el cual lo activara en horas donde la temperatura ambiente es muy elevada, es decir 11h-12h y de 15h-16h.

**Figura 11.- Mecanismo de Apertura Cortinas Externas**



Fuente: Autores

Las cortinas internas constan de dos partes una fija que cubrirá permanentemente los pollitos a una altura de 55 cm, y una parte plegable mediante ganchos con lo cual se garantizara el ingreso de aire al interior del galpón y no directamente sobre los pollitos.

**Figura 12.- Sistema de Cortinas Internas**



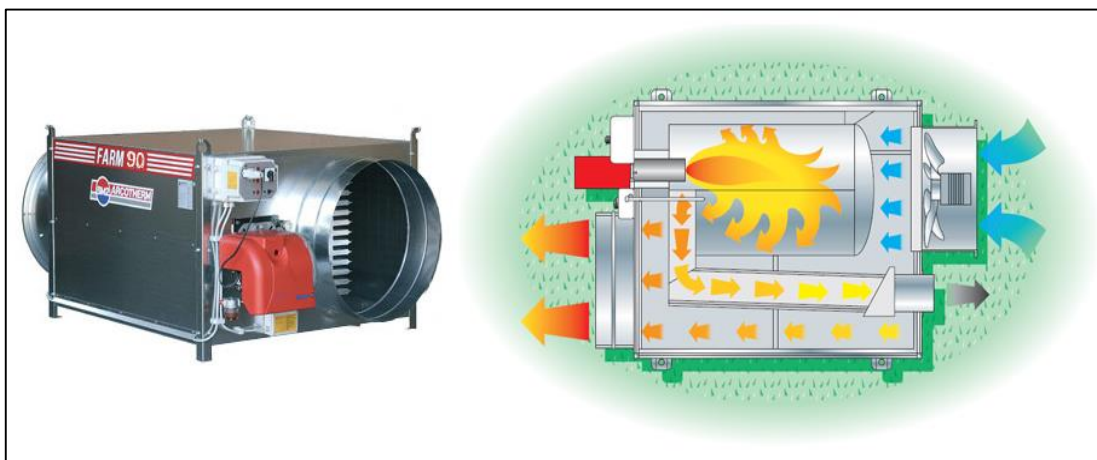
Fuente: Autores

El sistema de cortinas en conjunto proporciona un ambiente aislado térmicamente con ventilación y extracción de aire mediante el cierre y apertura manual por parte del personal de la granja.

### 3.1.2.2. Calefactor Arcotherm Biemmedue FARM 90

De acuerdo a las necesidades térmicas calculadas en el apartado 3.1.1.4., se necesita un calentador que genere 89104 kcal/h, para elevar la temperatura dentro del galpón a los niveles requeridos. Para ello se revisó el catálogo 2013 de Calentadores Industriales de la empresa Biemmedue S.A., en donde se encontró un calefactor a diésel, de combustión indirecta con una capacidad calorífica de 90000 kcal/h, el cual puede ser utilizado como calefactor o ventilador mediante un switch. Dicho modelo corresponde al nombre comercial de ARCOTHERM BIEMEDUE FARM 90M.

Figura 13.-Generador de aire caliente BIEMMEDUE FARM 90



Fuente: Autores

#### 3.1.2.2.1. Características Técnicas

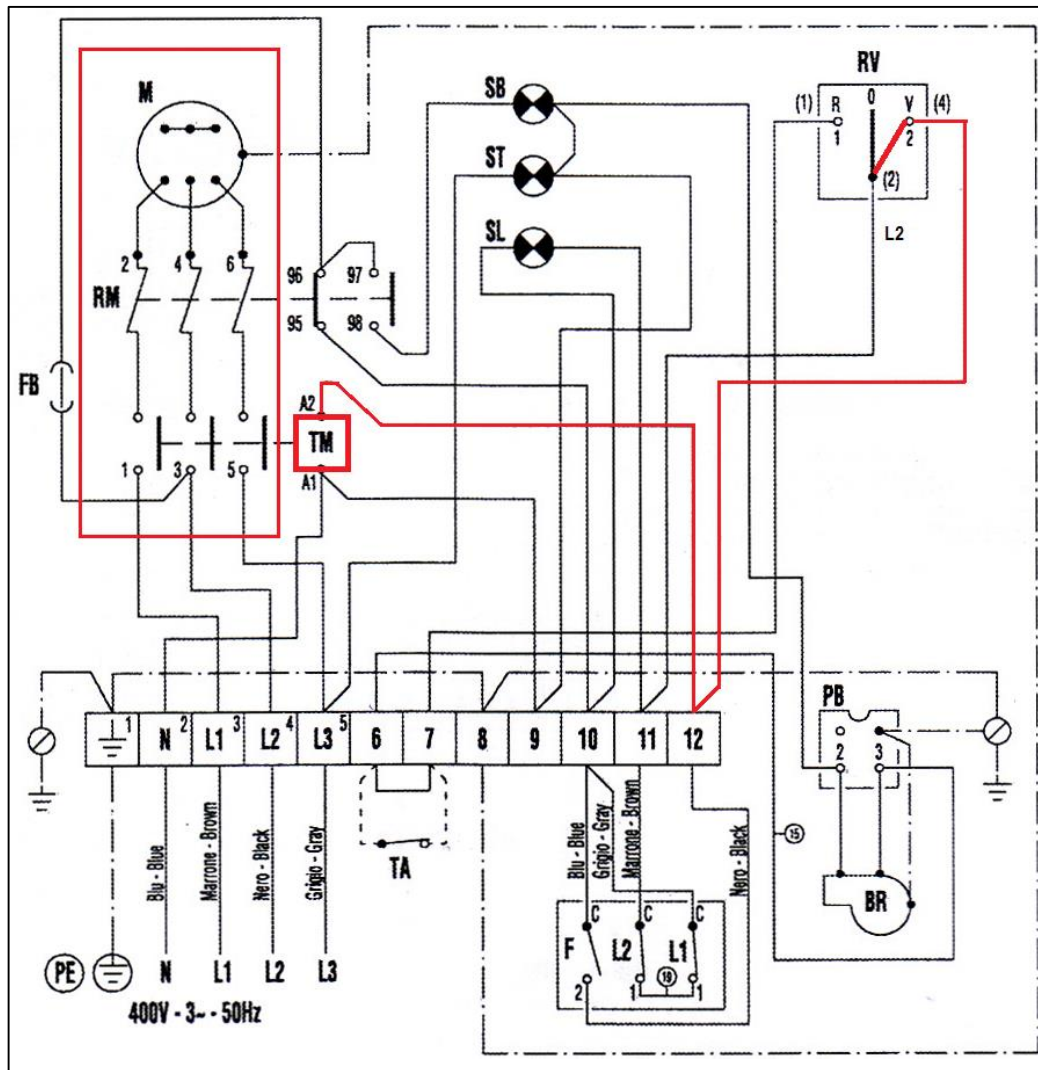
El Calefactor Arcotherm Biemmedue Farm 90 presenta las siguientes características:

- Potencia Calorífica: 104.7 KW , 90000 kcal/h
- Caudal de Aire: 6000 m<sup>3</sup>
- Modelo de Ventilador: Axial
- Potencia Eléctrica del Ventilador: 1240 W
- Tensión de Alimentación 220VAC~50 Hz
- Salto Térmico: 46 °C
- Consumo de Gasóleo: 10.49 m<sup>3</sup>/h
- Dimensiones: 1520x960x702mm
- Peso: 160 Kg
- Desfogue de aire expandible mediante tubería
- Chimenea externa para evacuación de humos

### 3.1.2.2.2. Modo de Funcionamiento - Ventilación

El conmutador de activación (RV), conmuta la fase (L2) con el tele ruptor (TM) del ventilador, permitiendo activar al motor (M) de la turbina de aire, la cual absorbe aire del exterior para ser enviado al interior del galpón.

Figura 14.-Diagrama del Sistema de Ventilación



Fuente: Manual de Mantenimiento L-L 141.03-BM - Generador de Aire Caliente Arcotherm  
Biemmedue Farm 90

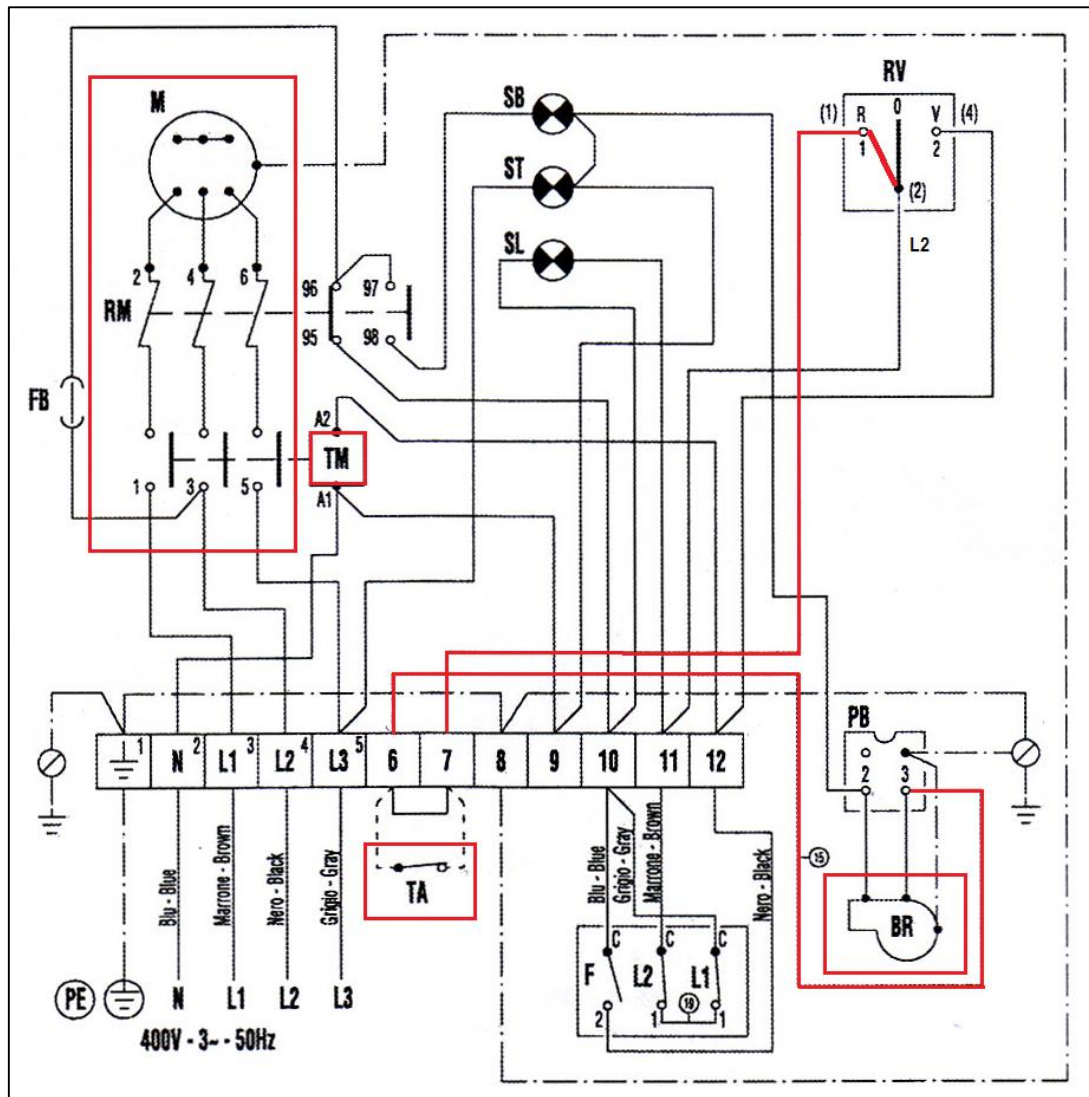
### 3.1.2.2.3. Modo de Funcionamiento - Calefacción

El conmutador de activación (RV), conmuta la fase (L2) con el Termistor (TA), el cual censa la temperatura, si esta se encuentra por debajo de la temperatura setead, cierra el contacto activando el quemador de diésel (BR). Una vez que la cámara de combustión



alcanse suficiente temperatura el Tele ruptor (TM) se activa por el sensor de calor interno, accionando el motor (M) de la turbina de ingreso de aire, el cual se calienta al contacto con la cámara de combustión, generando aire caliente. Los gases de la combustión salen por la chimenea sin hacer contacto con el aire de ingreso.

Figura 15.-Diagrama del Sistema de Calefacción



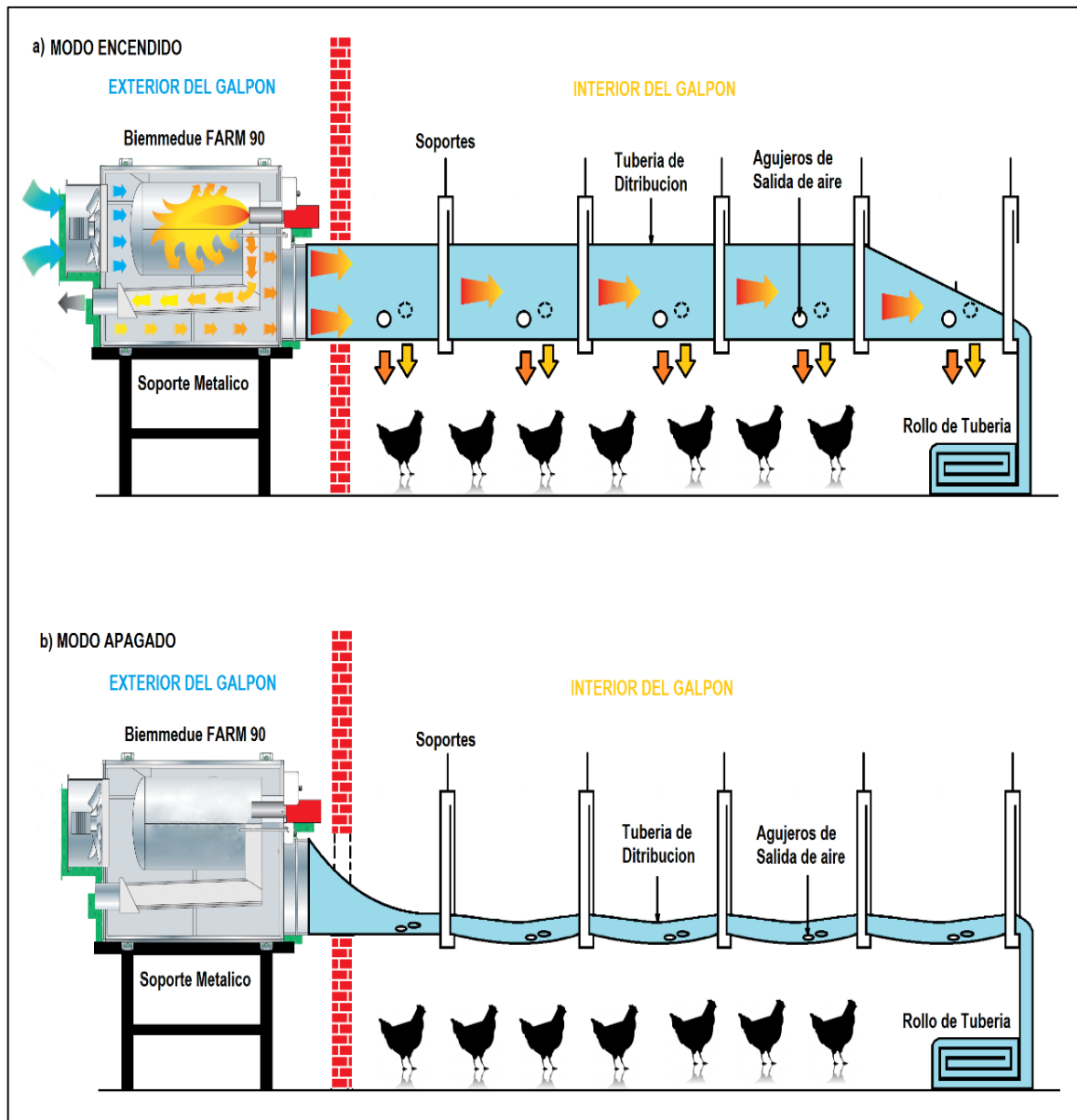
Fuente: Manual de Mantenimiento L-L 141.03-BM - Generador de Aire Caliente Arcotherm  
Biemmedue Farm 90

### 3.1.2.3. Tubería de Distribución de Aire

El desfogue de aire del calentador Biemmedue FARM 90 se acopla a una tubería de 60m de largo con un diámetro de 75cm, fabricada en polietileno de alta resistencia térmica y fácil manipulación. La tubería cuenta con pequeños agujeros de 10 cm de diámetro a los

costados, ubicados cada 70 cm a lo largo de toda la tubería, lo que permite que la distribución de aire caliente o frío sea uniforme alrededor de todo el galpón.

**Figura 16.- Funcionamiento Tubería de Distribución de Aire**



Fuente: Autores

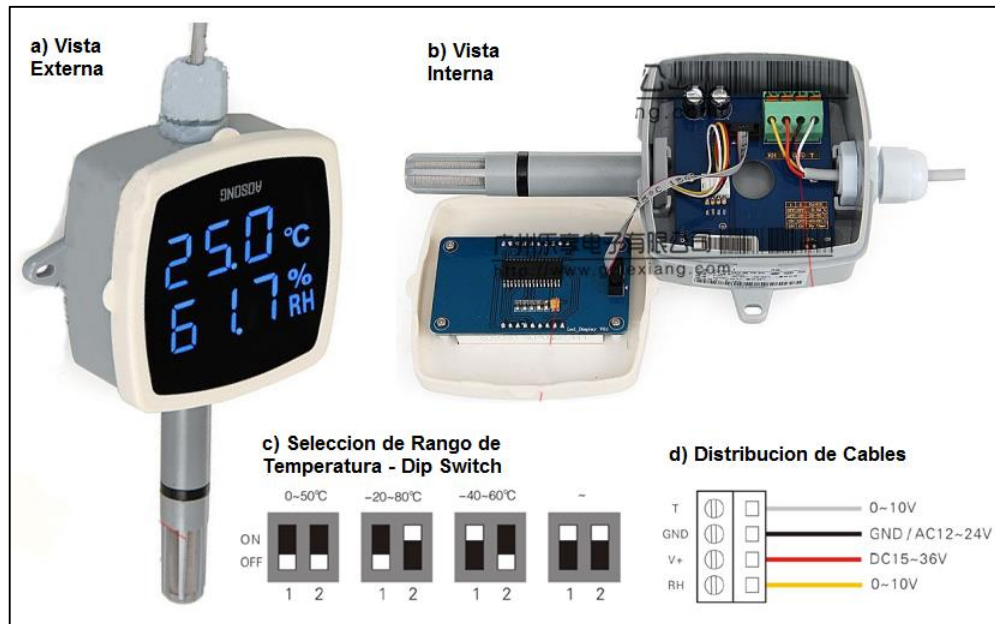
La tubería de distribución es enrollable y se puede ir ampliando conforme va avanzando el proceso de crianza. Es decir que para la semana uno se ocupara solo un cuarto del galpón mientras que para la sexta semana se desenrollará completamente la tubería para ocupar todo el gallinero.



### 3.1.2.4. Transmisor de Temperatura y Humedad Relativa AOSONG AQ3010Y

El transmisor AQ3010Y, posee dos sensores uno de temperatura y uno de humedad, ambos pre calibrados de fábrica, posee un display en donde se proyectan los valores de cada variable, lo cual resulta muy útil para el personal de la granja que ingresa al galpón.

Figura 17.-Transmisor Aosong AQ3010Y



Fuente: Catalogo de Transmisores de Temperatura y Humedad AOSONG - 2013

#### 3.1.2.4.1. Características Técnicas

- Alimentación: 12-36 VDC
- Sensor de Humedad: Capacitivo
- Rango de Medición de Humedad: 0- 95 %HR
- Salida de Humedad: 0-10 VDC
- Precisión de Humedad: + - 2 %HR
- Repetibilidad: +- 0.3 %HR
- Sensibilidad: +- 0.1 %HR
- Sensor de Temperatura: DSI8B20
- Precisión de Temperatura: +- 0.3 °C a 25 °C
- Salida de Temperatura: 0-10 VDC
- Rango de Medición de Temperatura: Seleccionable de 0 a 50 °C, -20 a 80 °C, -40 a 60°C.

### 3.1.2.4.2. Calibración de la temperatura censada

El muestreo de datos se realizó para 3 parámetros: temperatura censada con la ayuda de un termómetro de mercurio, valores de temperatura pre calibrados mostrados en el display del transmisor AFQ3010Y y las lecturas del conversor análogo digital del PLC con lo cual se obtuvo la siguiente tabla.

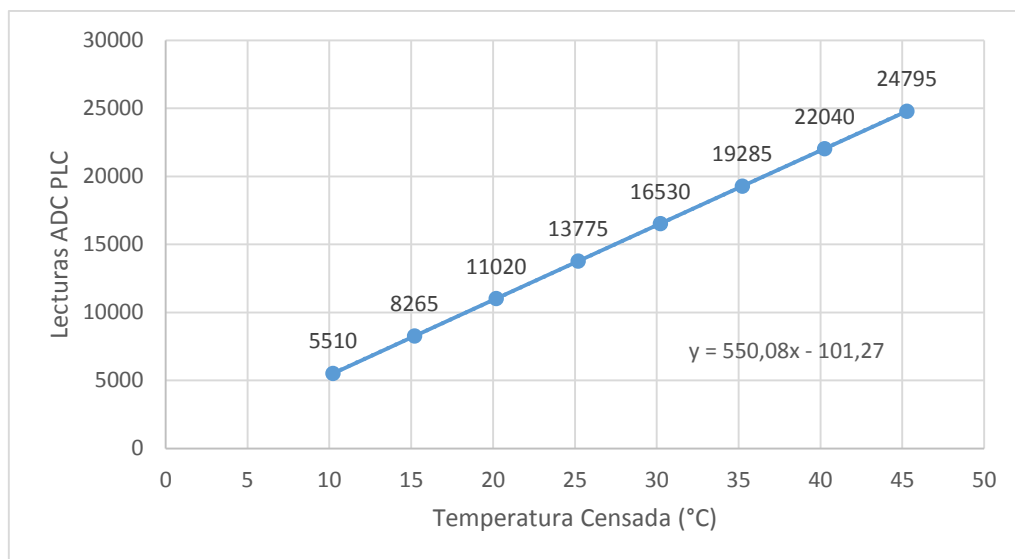
**Tabla 8.- Datos censados de Temperatura**

Temperatura Termómetro (°C)	Temperatura Transmisor (°C)	Lecturas ADC PLC
10	10,23	5510
15	15,21	8265
20	20,20	11020
25	25,21	13775
30	30,22	16530
35	35,23	19285
40	40,26	22040
45	45,28	24795

Fuente: Autores

Se demostró que la temperatura censada por el transmisor y el termómetro son iguales y varían en una cantidad despreciable de 0.23 °C en promedio. A continuación se generó la gráfica que relaciona la Temperatura censada por el transmisor con las lecturas del ADC (Conversor Análogo Digital) del PLC.

**Figura 18.- Gráfico Temperatura Censada vs Lectura del ADC**



Fuente: Autores

De la **Figura 18** obtenemos la ecuación de la recta mediante la herramienta línea de tendencia en Microsoft Excel, o matemáticamente mediante el método de regresión lineal, en donde se utiliza:

**Ecuación 5.-Ecuación Característica de una Función Lineal**

$$y = ax + b$$

Fuente: Quintana, P. (2005). Métodos Numericos con Aplicaciones en Excel. Barcelona: Reverté Ediciones.

Para determinar los valores de a (pendiente de la recta) y b (punto de corte de la recta) resolvemos las siguientes expresiones con los datos usados en la **Figura 18**.

**Ecuación 6.- Pendiente de una Función Lineal**

$$a = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^N y_i \cdot \sum_{i=1}^N x_i}{N \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$

Fuente: Quintana, P. (2005). Métodos Numericos con Aplicaciones en Excel. Barcelona: Reverté Ediciones.

**Ecuación 7.-Punto de corte de una Función Lineal**

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i \cdot \sum_{i=1}^N x_i}{N \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$

Fuente: Quintana, P. (2005). Métodos Numericos con Aplicaciones en Excel. Barcelona: Reverté Ediciones.

Resolviendo se encuentra la siguiente ecuación:

**Ecuación 8.- Relación lectura ADC y Temperatura censada**

$$y = 550,08x - 101,27$$

Fuente: Autores

En donde despejando  $x$ , se obtiene la ecuación que transforma los valores leídos por el conversor análogo digital del PLC, en lecturas reales de Temperatura.

**Ecuación 9.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Temperatura Censada**

$$x \text{ (valor real de Temperatura } ^\circ\text{C)} = \frac{y \text{ (Lecturas ADC)} + 101,27}{550,08}$$

Fuente: Autores

*3.1.2.4.3. Calibración de la Humedad Censada*

El muestreo de datos se realizó para 3 parámetros: humedad censada con la ayuda de un higrómetro, valores de humedad pre calibrados mostrados en el display del transmisor AFQ3010Y y las lecturas del conversor análogo digital del PLC con lo cual se obtuvo la siguiente tabla.

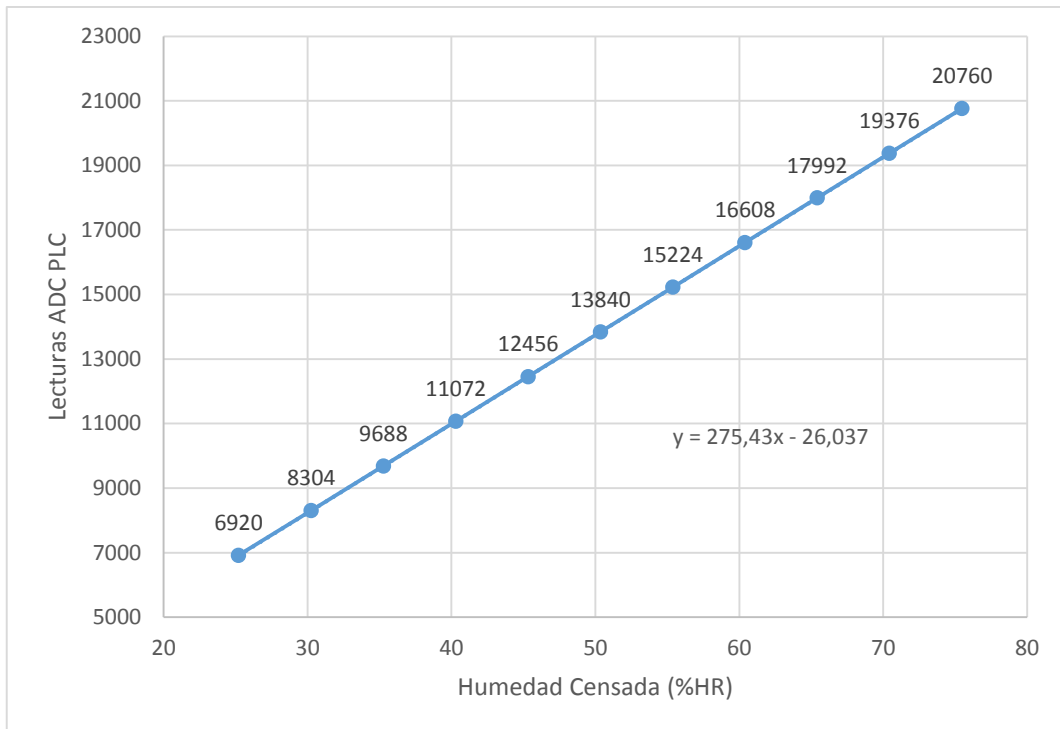
**Tabla 9.- Datos censados de Humedad Relativa**

Humedad Higrómetro (%HR)	Humedad Transmisor (%HR)	Lecturas ADC PLC
25	25,2	6920
30	30,25	8304
35	35,27	9688
40	40,3	11072
45	45,32	12456
50	50,35	13840
55	55,38	15224
60	60,39	16608
65	65,41	17992
70	70,43	19376
75	75,47	20760

Fuente: Autores

Para los datos antes mencionados se genera la siguiente gráfica.

**Figura 19.- Gráfico Humedad Relativa Censada vs Lectura del ADC**



Fuente: Autores

De la **Figura 19**, se obtiene la ecuación de la recta, mediante la herramienta línea de tendencia en Microsoft Excel, o matemáticamente mediante el método de regresión lineal como se explicó en el capítulo 3.1.2.4.2.

**Ecuación 10.- Relación lectura ADC y Humedad Relativa censada**

$$y = 275,43x - 26,037$$

Fuente: Autores

En donde despejando  $x$ , se obtiene la ecuación que transforma los valores leídos por el conversor análogo digital del PLC, en lecturas reales de Humedad Relativa.

**Ecuación 11.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Humedad Censada**

$$x \text{ (valor real de Humedad \%HR)} = \frac{y \text{ (Lecturas ADC)} + 26,037}{275,43}$$

Fuente: Autores

### 3.1.2.5. Transmisor Ultrasónico de Nivel ESMUS07

El combustible necesario para el funcionamiento del calefactor Biemmedue FARM90 se almacena en un cilindro metálico de 55 galones, la medición de nivel de diésel se censa a través del sensor ultrasónico de Nivel ESMUS07.

**Figura 20.- Transmisor Ultrasónico de Nivel ESMUS07**

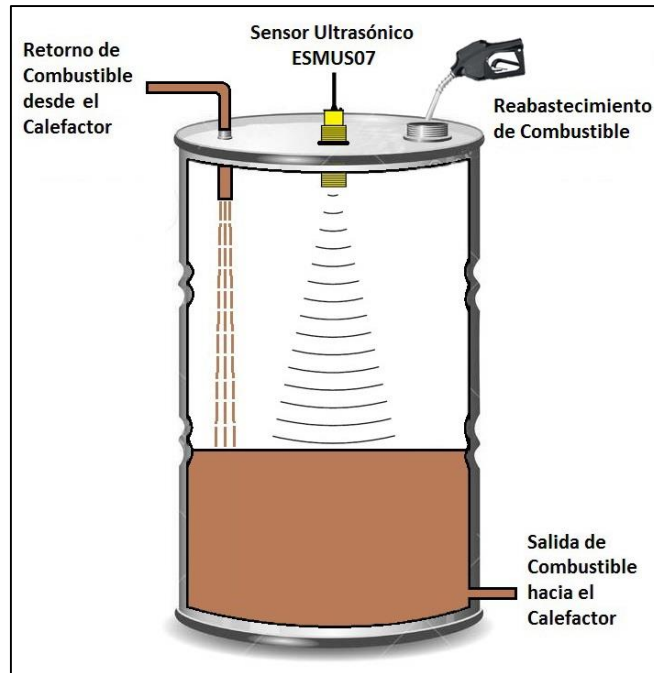


Fuente: Autores

#### 3.1.2.5.1. Características Técnicas

- Alimentación: 24 VDC
- Sensor de Nivel: Ultrasónico
- Rango de Medición: 15 cm – 2m
- Medio de trabajo: Sólidos y Líquidos de cualquier tipo
- Señal de Salida: 0-10 VDC
- Precisión de Nivel: + - 1mm
- Repetibilidad: +- 0.5 mm
- Angulo de cono ultrasónico: 5°
- Frecuencia de Funcionamiento: 20 KHz
- Temperatura de Funcionamiento: -30 ~ 70 °C

**Figura 21.- Esquema del Reservorio de Diésel**



Fuente: Autores

### 3.1.2.5.2. Calibración de nivel de diésel censado

El muestreo de datos se realizó para 3 parámetros: valores de voltaje proporcionados por el transmisor de nivel ESMUS07, nivel de combustible insertado con un envase de un galón y las lecturas correspondientes del conversor análogo digital del PLC, con lo cual se obtiene la siguiente tabla.

**Tabla 10.- Datos censados Nivel de Combustible.**

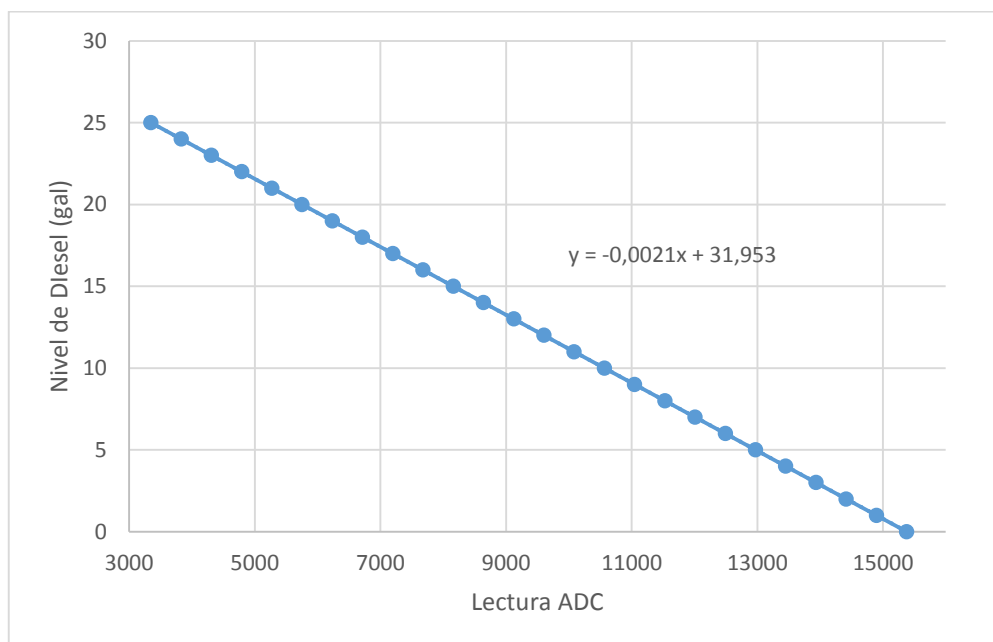
Vout ESMUS07 (V)	Nivel de Diésel (gal)	Lecturas ADC
2,34	0	15377
2,27	1	14896
2,19	2	14414,8791
2,12	3	13933,6352
2,05	4	13452,3912
1,97	5	12971,1473
1,9	6	12489,9033
1,83	7	12008,6594
1,75	8	11527,4154
1,68	9	11046,1715

Vout ESMUS07 (V)	Nivel de Diésel (gal)	Lecturas ADC
1,61	10	10564,9275
1,53	11	10083,6836
1,46	12	9602,43962
1,39	13	9121,19567
1,31	14	8639,95172
1,22	15	8158,70777
1,17	16	7677,46382
1,09	17	7196,21987
1,02	18	6714,97592
0,95	19	6233,73197
0,87	20	5752,48801
0,8	21	5271,24406
0,73	22	4790,00011
0,65	23	4308,75616
0,58	24	3827,51221
0,51	25	3346,26826

Fuente: Autores

Para lo cual se genera la siguiente gráfica:

**Figura 22.- Gráfico Nivel de Combustible Censado vs Lecturas del ADC**



Fuente: Autores



A continuación se obtiene la ecuación de la recta mediante el uso de la herramienta Línea de Tendencia de Microsoft Excel o matemáticamente mediante el método de regresión lineal como se explicó en el capítulo 3.1.2.4.2. La cual transforma los valores leídos por el conversor análogo digital del PLC, en lecturas reales de Nivel de Combustible actual censado en el reservorio de diésel de la **Figura 21**.

**Ecuación 12.- Relación lectura ADC y Nivel de Combustible censado**

$$y = -0.0021x + 31.953$$

$$y \text{ (valor real de Nivel de Diesel gal)} = -0.0021x(\text{Lecturas ADC}) + 31.953$$

Fuente: Autores

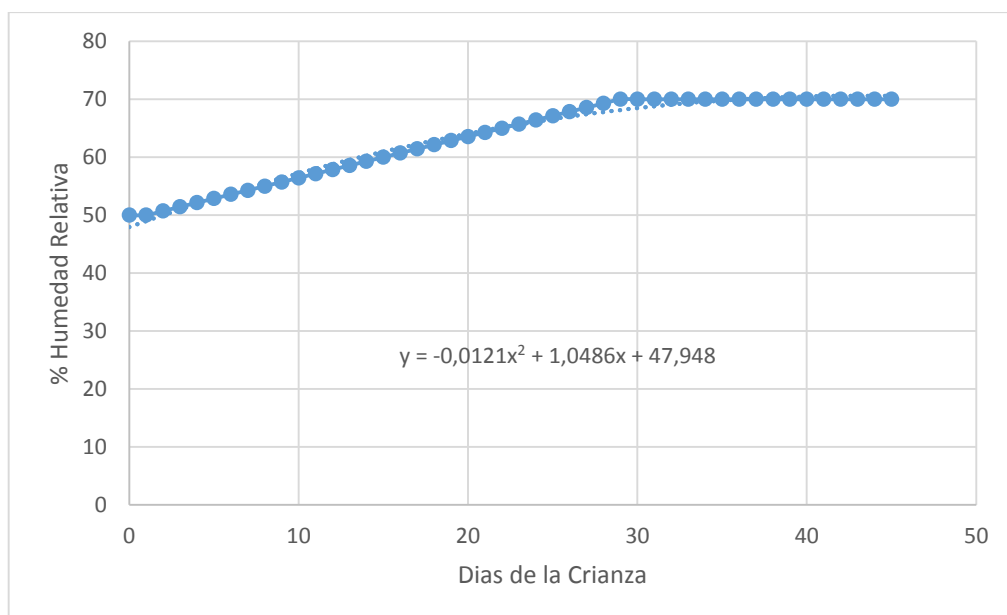
## 3.2. SISTEMA DE CONTROL DE HUMEDAD

### 3.2.1. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

#### 3.2.1.1. Set Point de Humedad Relativa Variable

De igual forma que la temperatura, la humedad relativa varía según los días de producción, empezando con un set point de 50 % de HR en los primeros días hasta niveles de 70% de HR en las últimas semanas, tal como se demuestra en la **Tabla 3** y en la **Figura 23**.

**Figura 23.- Gráfico Humedad Relativa vs Edad del Ave**



Fuente: Autores

De la **Figura 23**, utilizando la herramienta de Microsoft Excel, Línea de Tendencia, o matemáticamente con el método de regresión por mínimos cuadrados como se explicó en el capítulo 3.1.1.1., se deduce la ecuación que gobernara la humedad durante todo el proceso productivo.

### Ecuación 13.-Ecuación para la Humedad

$$y = -0,0121x^2 + 1,0486x + 47,948$$

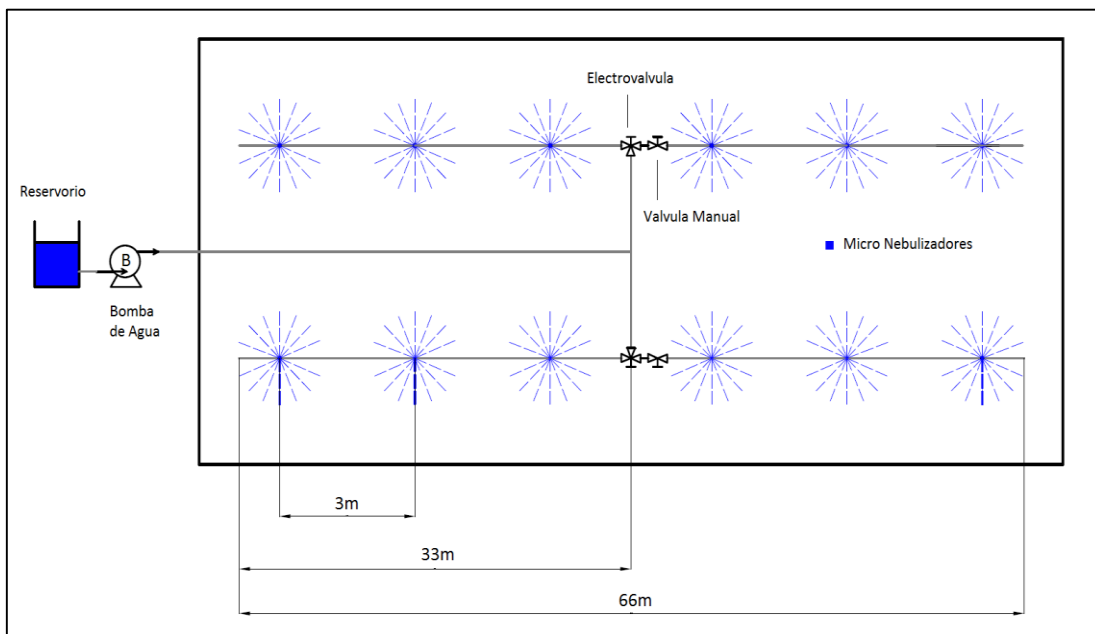
$$\text{Set Point de Humedad}(\%HR) = -0,0121\text{días}^2 + 1,0486\text{días} + 47,948$$

Fuente: Autores

### 3.2.1.2. Sistema de Micro Nebulización

El uso de micro nebulizadores al interior del galpón incrementa la humedad, que permanentemente se está reduciendo por el efecto del calefactor Biemmedue FARM 90, para ello se ha dispuesto 2 líneas de 66 metros con 22 micro nebulizadores cada una a lo largo de la caseta de producción tal como se muestra en la **Figura 24**.

**Figura 24.- Esquema del Sistema de Nebulización**



Fuente: Autores

Cada nebulizador proporciona rocío de micro partículas de agua alrededor de 1m cada uno. Las válvulas permiten que la presión se mantenga constante con forme se va ampliando

el galpón según los días de crianza, es decir que en los primeros días cuando se ocupa la mitad del galpón, solo se habilitan las 2 líneas hasta la mitad de la caceta, para la 3 semana se ocupa completamente el galpón, y se habilita primero la línea izquierda, y luego la línea derecha, una a la vez. Las válvulas manuales son accionadas por el galponero según se vaya ampliando el espacio de crianza.

### 3.2.1.3. Requerimientos de la Bomba

Para los requerimientos de la bomba se realizó el siguiente análisis mediante la **Figura 24**. La distancia del tanque de agua a la bomba es de 2m, un recorrido por todo el galpón de 175m.

#### Datos:

$$Z_2 = 2m \text{ (Altura de la bomba hacia los nebulizadores)}$$

$$L_{equi} = 2(66m) + 35m + 8m = 175m \text{ (Longitud desplazamiento de agua)}$$

$$\delta_{H_2O} = 1000 \frac{kg}{m^3} \text{ (Densidad del agua)}$$

$$g = 9,8 \frac{m}{s^2} \text{ (Fuerza de gravedad)}$$

$$\phi_1 = 2cm = 0,02m \text{ (Diámetro de la Tubería)}$$

$$\text{Numero de nebulizadores} = 44$$

$$Q = 7,5 \text{ l/h} * 4 = 8,33 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s} \text{ (Caudal en cada nebulizador 4 boquillas)}$$

$$P_2 = 8 \text{ bar} = 8 \times 10^5 \frac{N}{m^2} \text{ (Presión requerida)}$$

$$Q_T = Q \times \# \text{ nebulizadores} = (8,33 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}) * 44 = 3,66 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

#### Cálculo de la Velocidad:

##### Ecuación 14.- Caudal en un Punto

$$Q_T = A * V_2$$

Fuente: Mataix, C. (2007). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid: Alfaomega

Remplazando el area de una seccion circular y despejando la velocidad:

$$V_2 = \frac{4Q_T}{\pi \phi_1^2} = \frac{4(3,66 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s})}{\pi (0,02m)^2} = 1,167 \frac{m}{s}$$

**Cálculo del Número de Reynolds:**

$$u \text{ (Viscosidad)} = (25^\circ\text{C}) \approx 0,001 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$$

**Ecuación 15.-Número de Reynolds**

$$Re = \frac{\phi_1 \times V_2 \times \delta}{u}$$

Fuente: Mataix, C. (2007). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid: Alfaomega

$$Re = \frac{0,02 \times 1,167 \times 1000}{0,001} = 23342,72$$

**Cálculo del Factor de Fricción:**

Para Reynolds > 4000: Turbulento Liso

**Ecuación 16.-Factor de Fricción de Darcy-Weisbach**

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{Er}{3,71\phi_1} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Fuente: Mataix, C. (2007). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid: Alfaomega

Se calcula el factor de fricción  $f$ , mediante iteraciones en Excel con la herramienta Solver:

$$f = 0,08$$

**Cálculo de Perdidas de Carga:**

$$Er = 0,0015 ; \text{plastico}$$

**Ecuación 17.-Pérdida de Carga**

$$h_{ftotal} = \frac{f \times L_{equi} \times V_2^2}{2\phi_1 g}$$

Fuente: Mataix, C. (2007). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid: Alfaomega

$$h_{ftotal} = \frac{0,08 \times 175\text{m} \times 1,167^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \times 0,02\text{m} \times 9,8 \text{ m}/\text{s}^2}$$

$$h_{ftotal} = 48,65\text{m}$$

**Cálculo de la Altura de Carga:**

$P_1 = \text{al aire libre} ; V_1 = \text{en reposo} = 0$

**Ecuación 18.- Altura de Carga**

$$H_B = h_{f\text{total}} + \left( \frac{P_2}{\delta g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right) - \left( \frac{\overset{0}{P_1}}{\delta g} + \frac{\overset{0}{V_1^2}}{2g} + Z_1 \right)$$

Fuente: Mataix, C. (2007). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid: Alfaomeg

$$H_B = 48,65m + \left( \frac{8 \times 10^5}{1000 \times 9,81} m + \frac{1,167^2}{2 \times 9,81} m + 2m \right) - (1m) = 131,26m$$

**Cálculo de la Potencia de la Bomba****Ecuación 19.- Potencia de la bomba**

$$P \text{ (HP)} = \frac{H_B \times \delta \times g \times Q_T}{745}$$

Fuente: Mataix, C. (2007). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid: Alfaomega

$$P = \frac{131,26m \times 1000 \frac{kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2} \times 3,66 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{745} = 0,633 \text{ HP}$$

**Cálculo de la Potencia Real de la Bomba****Ecuación 20.- Potencia Real**

$$P_{real} = \frac{P}{\text{Eficiencia}}$$

Fuente: Mataix, C. (2007). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Madrid: Alfaomega

$$P_{real} = \frac{0,633 \text{ HP}}{85\%} = 0,745$$

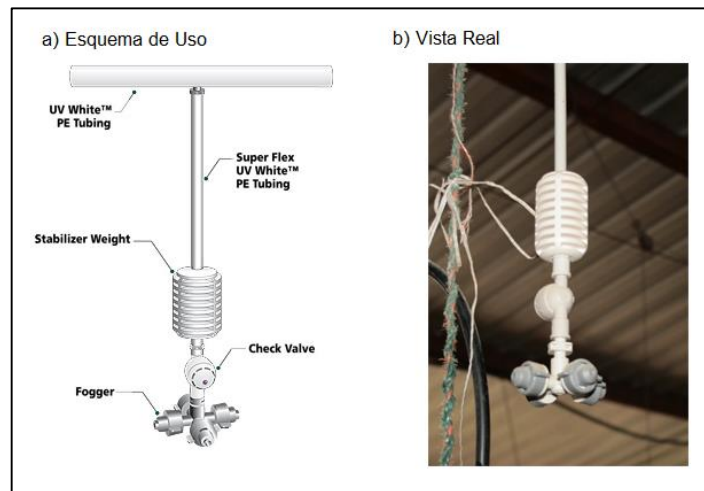
Mediante los cálculos realizados se necesita una bomba de 1 HP para abastecer el sistema de micro nebulización.

### 3.2.2. DISPOSITIVOS UTILIZADOS

#### 3.2.2.1. Nebulizadores CoolNet Pro Netafim

Los nebulizadores CoolNet Pro proporcionan un roció de micro partículas de agua de 65 micrones, posee boquillas en cruz con un alcance de 1m a la redonda y válvula anti goteo. Para su accionamiento se necesita una presión de 8 bares con un caudal de 7.5l/h.

**Figura 25.-Micro nebulizador CoolNet TM**

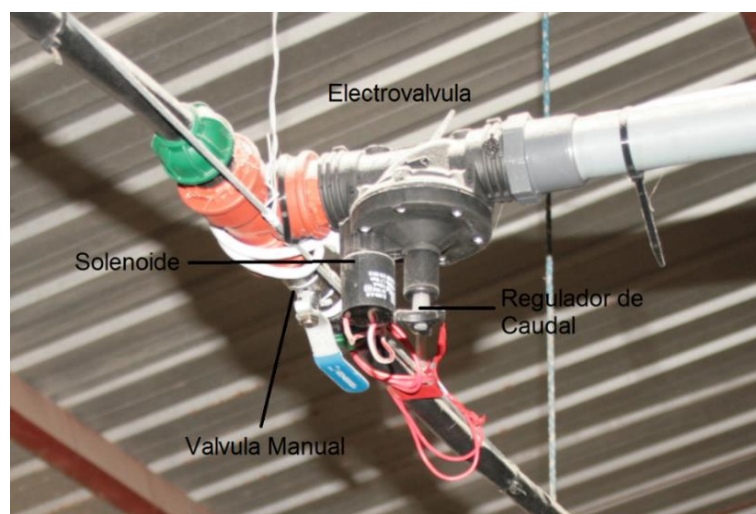


Fuente: Autores

#### 3.2.2.2. Válvulas

Las Electroválvulas son del tipo solenoide de dos posiciones, se accionan mediante una bobina y habilitan el flujo de agua hacia la línea izquierda o derecha de nebulizadores.

**Figura 26.-Electroválvula y Válvula Manual – Línea Izquierda de Nebulización**



Fuente: Autores

Las válvulas manuales son del tipo bola, se accionan mediante una manivela que controla el caudal de paso y permite el flujo en cada línea de nebulizadores, ya sea habilitando la mitad del galpón para las primeras semanas de producción o habilitando por completo la línea a partir de la tercera semana en adelante.

#### 3.2.2.2.1. Características Técnicas Electroválvulas

- Voltaje de Activación: 24 Vdc
- Intensidad de Corriente: 0.20 A
- Válvula Manual incorporada
- Caudal Soportado hasta 36l/s
- Presión Soportada: 9.5 Bares

#### 3.2.2.3. Bomba de Agua LEO XCM 158-1

La bomba de agua proporciona el caudal y presión de agua necesaria para habilitar los 22 micro nebulizadores CoolNet Pro que se habilitarán de acuerdo al tiempo de producción en conjunto con las válvulas de distribución que mantendrán este número constante a lo largo de toda la producción.

**Figura 27.-Bomba Centrífuga LEO XCM 170-1**

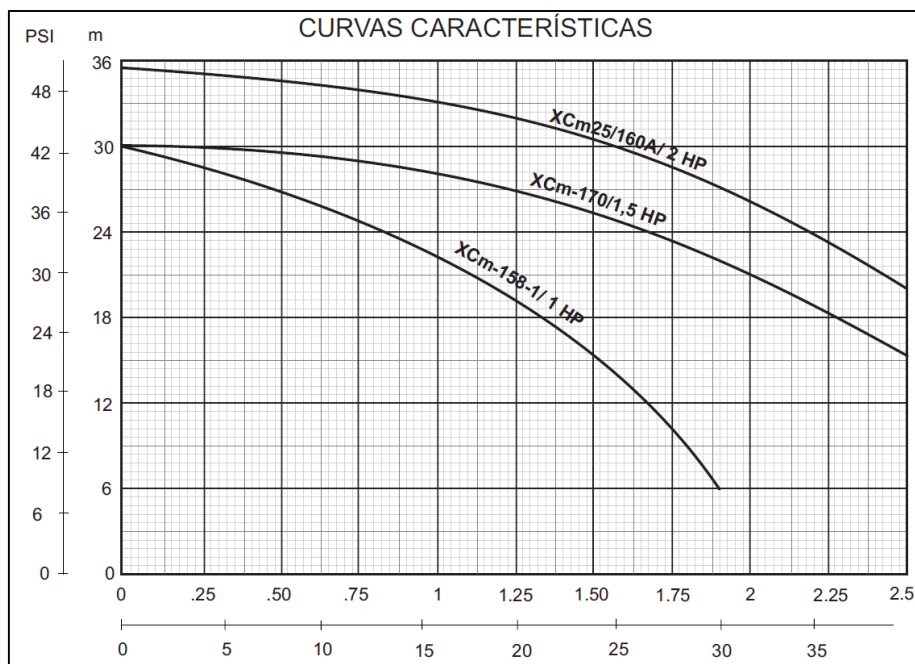


Fuente: <http://www.maquinariaecuador.com/detail-bombaagua.=XCM170-1>

### 3.2.2.3.1. Características Técnicas

- Alimentación 220 Vac / 60 Hz
- Potencia: 0.75 KW / 1 HP
- Tipo de Bomba: Centrifuga
- Líquido Bombeado: agua limpia con pequeñas impurezas y líquidos no corrosivos
- Flujo Máximo: 130 l/min
- Altura Máxima de Impulsión: 41 mac
- Succión Máxima: 8 mac

**Figura 28.- Curva Característica de la Bomba**



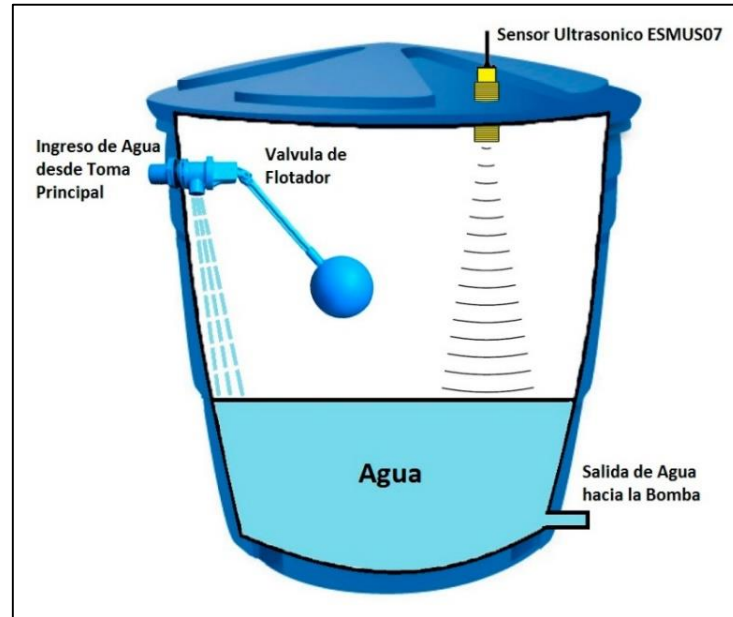
Fuente: <http://www.leogroup.es/1-water-pump/a2-2-centrifugal-pump-xcm.doc>

### 3.2.2.4. Sensor de Nivel de Agua

Para el almacenamiento de agua, se cuenta con un tanque de polietileno de 260 litros. El sensor de nivel es el mismo que se utilizó en el tanque de diésel, es decir el Transmisor Ultrasónico de Nivel ESMUS07 del capítulo 3.1.2.5.



**Figura 29.- Esquema Reservorio de Agua - Sistema de Nebulización**



Fuente: Autores

#### 3.2.2.4.1. Calibración del Nivel de agua censada

El muestreo de datos se realizó para 3 parámetros: valores de voltaje obtenidos del transmisor ultrasónico ESMUS07, nivel observado en el reservorio de agua y las lecturas correspondientes del conversor análogo digital del PLC, con lo cual se obtuvo la siguiente tabla.

**Tabla 11.- Datos censados de Nivel de Agua**

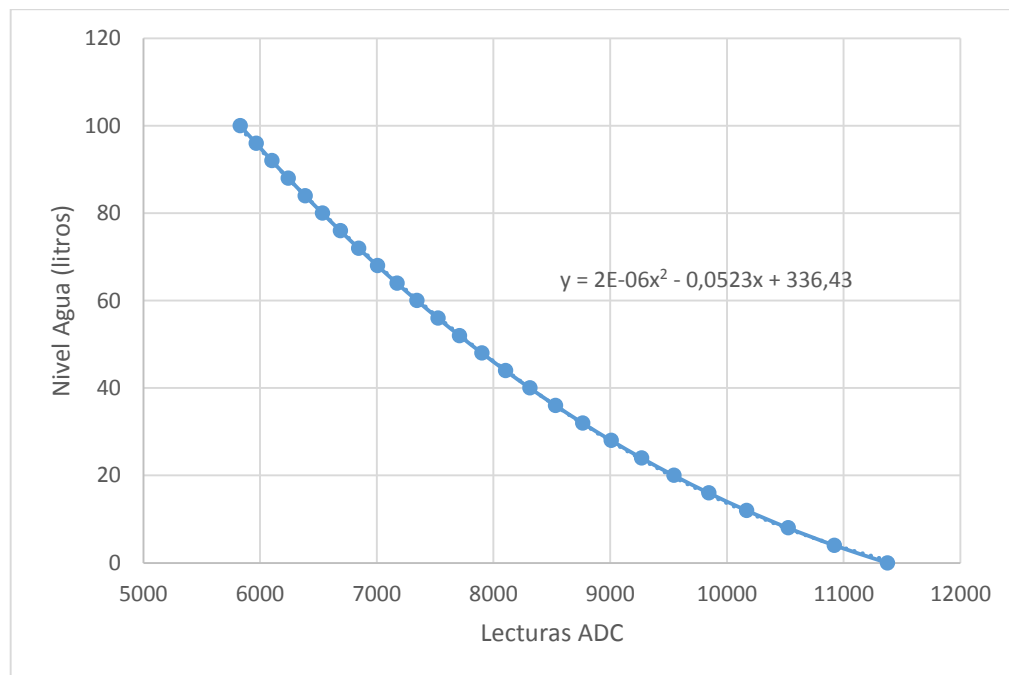
Vout ESMUS07(V)	Nivel de Agua (litros)	Lecturas ADC
1,73	0	11374
1,66	4	10921
1,6	8	10523
1,55	12	10167
1,5	16	9843
1,45	20	9544
1,41	24	9267
1,37	28	9007
1,33	32	8763
1,3	36	8531
1,26	40	8311
1,23	44	8101
1,2	48	7901
1,17	52	7708

Vout ESMUS07(V)	Nivel de Agua (litros)	Lecturas ADC
1,14	56	7523
1,12	60	7344
1,09	64	7172
1,06	68	7005
1,04	72	6843
1,02	76	6686
0,99	80	6534
0,97	84	6386
0,95	88	6241
0,93	92	6101
0,91	96	5966
0,88	100	5829

Fuente: Autores

Para los datos de la Tabla 11, se genera la siguiente gráfica.

**Figura 30.- Grafico Nivel de agua vs Lecturas del ADC PLC**



Fuente: Autores

A continuación se obtiene la ecuación de la recta mediante el uso de la herramienta Línea de Tendencia de Microsoft Excel o matemáticamente mediante el método de regresión por mínimos cuadrados como se explicó en el cap. 3.1.1.1.

**Ecuación 21.- Relación lectura ADC y Nivel de Agua censado**

$$y = 0.000002x^2 - 0.0523x - 336.43$$

Fuente: Autores

En donde x representa los valores leídos por el conversor análogo digital del PLC, mientras que y las lecturas reales de Nivel de Agua actual censado en el reservorio.

**Ecuación 22.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Nivel de Diésel censado**

$$y (\text{Nivel de Agua en litros}) = 0,000002x(\text{ADC})^2 - 0.0523x(\text{ADC}) - 336.43$$

Fuente: Autores

**3.3.MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE****3.3.1. REQUERIMIENTOS**

La calidad del aire es muy importante en el desarrollo de los pollitos siempre que tengan niveles adecuados de oxígeno, amoníaco, monóxido y dióxido de carbono. En el Capítulo 2.1.1. se habló de los efectos negativos de estos gases sobre el desarrollo de las aves y los peligros para el ser humano.

**Tabla 12.-Condiciones Ambientales Requeridas.**

Gas	Concentración Máxima (ppm)
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	20
Monóxido de Carbono (CO)	400
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	5000

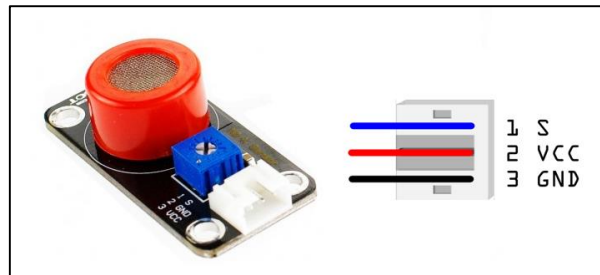
Fuente: Grupo Avitalisa S.A

**3.3.2. DISPOSITIVOS A UTILIZARSE****3.3.2.1. Sensor de Monóxido de Carbono DDF Robot MQ7**

El sensor de monóxido de carbono posee las siguientes características:

- Voltaje de Operación: 5 Vdc
- Salida análoga de 2.2- 4.5 Vdc
- Placa de acondicionamiento incorporada
- Tamaño 40x20 mm

**Figura 31.-Sensor de Monóxido de Carbono DDF Robot MQ7**

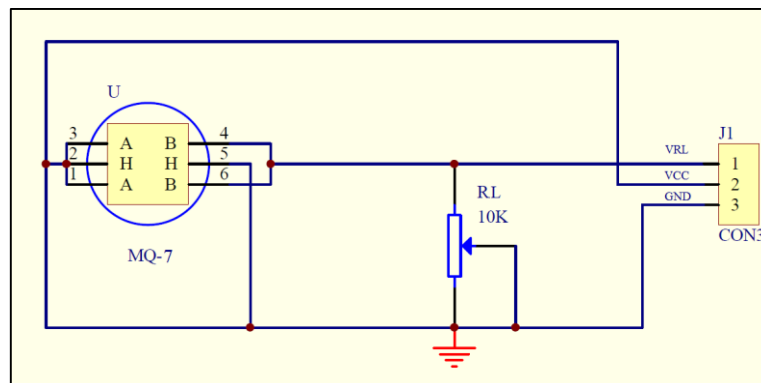


Fuente:[http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&path=36\\_85&product\\_id=686#.U4UgHHkU-TM](http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&path=36_85&product_id=686#.U4UgHHkU-TM)

### 3.3.2.1.1. Calibración del Monóxido de Carbono censado

Para la calibración del sensor MQ7 partimos del circuito de dicho sensor:

**Figura 32.- Circuito de Acondicionamiento Sensor MQ7**



Fuente: <http://www.dfrobot.com/image/data/SEN0132/MQ-X%20Schematic.pdf>

En donde determinamos la resistencia del sensor  $R_s$ , mediante el uso de la Ley de Tensiones de Kirchhoff:

#### Ecuación 23.-Resistencia del Sensor MQ7

$$R_s = \left( \frac{V_C}{V_{RL}} - 1 \right) * R_L$$

Fuente: Sadiku, M. N. (2013). Fundamentos de circuitos eléctricos. Mexico: McGraw – Hill.

Siendo:

$V_{RL}$  = Voltaje de Salida del Sensor

$R_L$  = Resistencia correspondiente al ambiente =  $10K\Omega$  (65%HR y 21% Oxígeno)

La curva del sensor está determinada por la expresión:

**Ecuación 24.-Ecuación de un Sensor de Gas Resistivo**

$$R_s = K * C^{-a}$$

Fuente: Datasheet Detectores de Gas DDFRobot

Siendo:

$K = \text{Coeficiente del Oxido Metalico del Sensor} = 8,07$

$C = \text{Concentracion del Gas en ppm}$

$a = \text{Coeficiente del Gas Censado} = 0,49$

Igualando las ecuaciones 23 y 24 y despejando C (Concentración de Gas) obtenemos la siguiente ecuación:

**Ecuación 25.-Concentración de Gas en un Sensor Resistivo de Oxido Metálico**

$$C = \left( \frac{\left( \frac{V_C}{V_{RL}} - 1 \right) * R_L}{K} \right)^{-\frac{1}{a}}$$

Fuente: Autores

Una vez determinado la ecuación antes descrita, procedemos a realizar el muestreo de datos, aplicando gas mediante una fosforera y observando el voltaje de salida del sensor, el cual se sustituye en la **Ecuación 25**, para encontrar el valor de C con lo que se obtiene la siguiente tabla.

**Tabla 13.- Datos censados del Monóxido de Carbono**

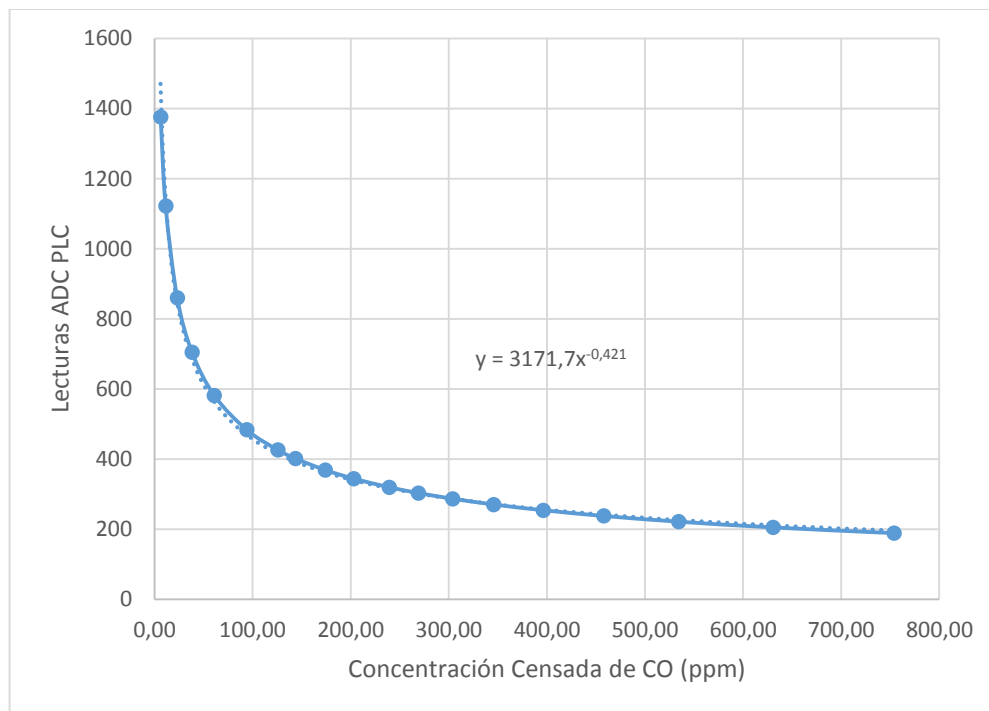
VRL (V)	Concentración CO (ppm)	ADC PLC
1,68	6,22	1376,088
1,37	11,32	1122,167
1,05	23,14	860,055
0,86	38,27	704,426
0,71	60,86	581,561
0,59	93,95	483,269
0,52	125,54	425,932
0,49	143,67	401,359
0,45	174,05	368,595

VRL (V)	Concentración CO (ppm)	ADC PLC
0,42	203,07	344,022
0,39	239,39	319,449
0,37	268,91	303,067
0,35	303,86	286,685
0,33	345,65	270,303
0,31	396,12	253,921
0,29	457,84	237,539
0,27	534,32	221,157
0,25	630,60	204,775
0,23	754,02	188,393

Fuente: Autores

Para la Tabla 14 se genera la siguiente gráfica.

**Figura 33.- Gráfico Monóxido de Carbono censado vs lecturas del ADC**



Fuente: Autores

Como siguiente paso se obtiene la ecuación de la curva mediante el uso de la herramienta Línea de Tendencia de Microsoft Excel o matemáticamente mediante el método de regresión exponencial, en donde:

**Ecuación 26.-Ecuación Característica de una función potencial**

$$y = ax^b$$

Fuente: Quintana, P. (2005). Métodos Numericos con Aplicaciones en Excel. Barcelona: Reverté Ediciones.

Aplicando log a la expresión:

$$\log y = \log a + b \log x$$

Asignando las expresiones:

$$Y = \log Y ; A = \log a ; X = \log X$$

Remplazando en la Ecuación 26, se tiene una función lineal:

$$Y = A + bX$$

Resolviendo por el método de regresión lineal como se explicó en el capítulo 3.1.2.4.2.

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$A = \frac{\sum Y_i - b \sum X_i}{n} ; a = \text{antilog } A$$

Sustituyendo los valores de A y b en la **Ecuación 26** se obtiene la ecuación que relaciona la concentración de CO con las lecturas del ADC

**Ecuación 27.- Relación lectura ADC y Concentración de CO**

$$y = 3171,7 * x^{-0.421}$$

Fuente: Autores

En donde despejando  $x$ , se obtiene la ecuación que transforma los valores leídos por el conversor análogo digital del PLC, en lecturas reales de Concentración de Monóxido de Carbono censado al interior del galpón.

**Ecuación 28.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Concentración de CO**

$$x (\text{valor real de Nivel de CO en ppm}) = \left( \frac{y (\text{Lecturas ADC})}{3171,7} \right)^{-\frac{1}{0.421}}$$

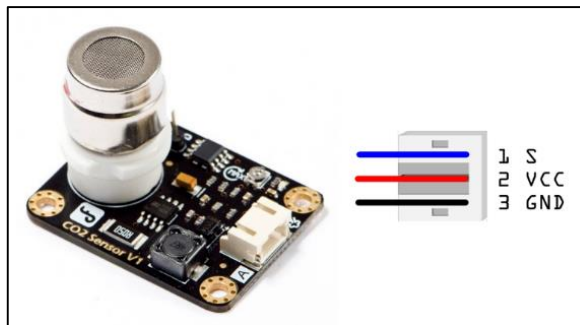
Fuente: Autores

### 3.3.2.2. Sensor de Dióxido de Carbono DDF Robot MG811

El sensor DDF Robot MG811 posee las siguientes características:

- Voltaje de Operación: 5 Vdc
- Salida análoga de 470- 620 mV
- Placa de amplificación incorporada
- 1 Salida digital
- Tamaño 32x42 mm

Figura 34.- Sensor de Dióxido de Carbono DDF Robot MG811

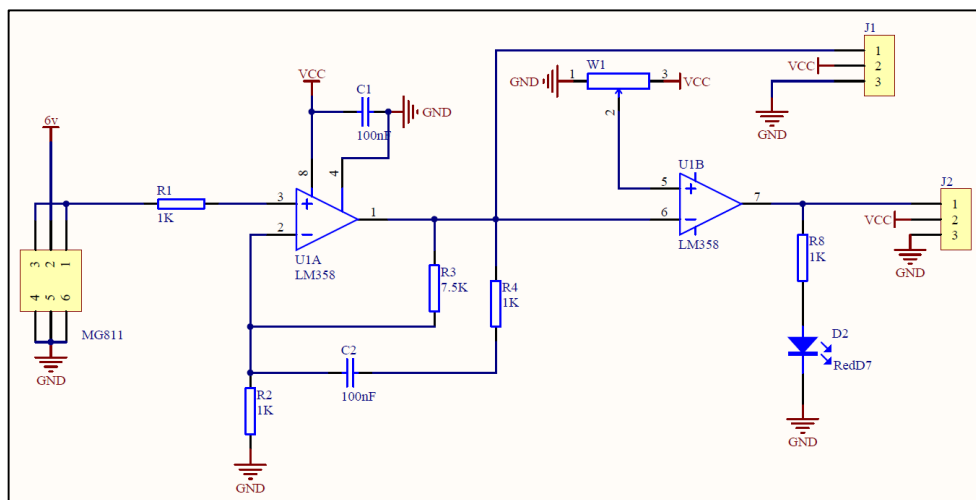


Fuente: [http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&path=36\\_85&product\\_id=1023#.U4UdK3kU-TM](http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&path=36_85&product_id=1023#.U4UdK3kU-TM)

#### 3.3.2.2.1. Factor de Amplificación

La placa del sensor posee un circuito amplificador, en el que se debe determinar el factor de amplificación para obtener el valor no amplificado del sensor, con el cual se podrá utilizar el datasheet del mismo.

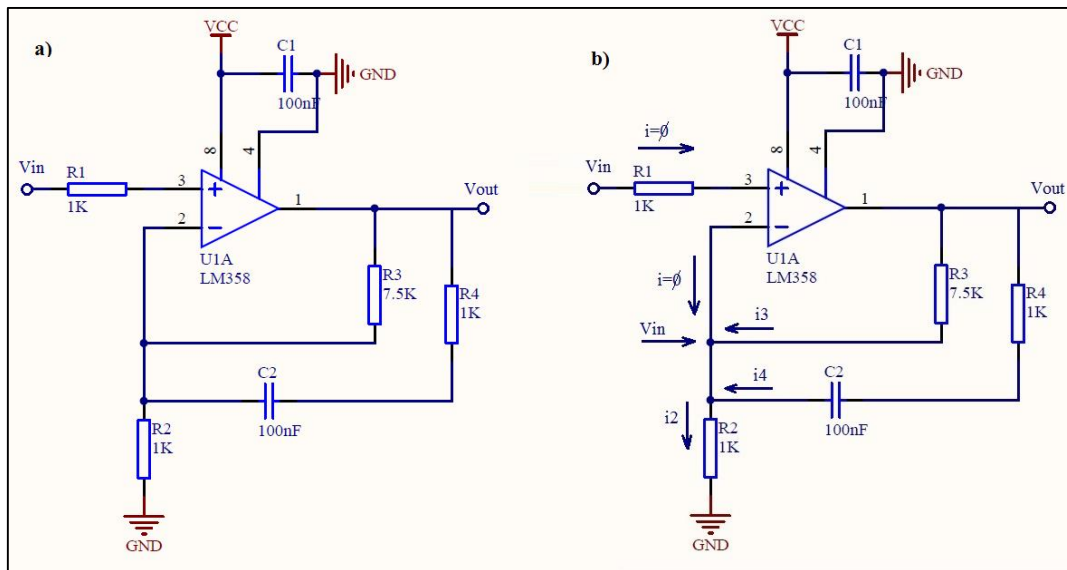
Figura 35.- Esquema eléctrico de circuito de amplificación del sensor MG 811



Fuente: [http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&path=36\\_85&product\\_id=1023#.U4UdK3kU-TM](http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&path=36_85&product_id=1023#.U4UdK3kU-TM)



**Figura 36.- Circuito del amplificador por secciones**



Fuente: Autores

De la Figura 36.b, se tiene las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 29.- Sumatoria de Corrientes**

$$i_3 + i_4 = i_2$$

Fuente: Sadiku, M. N. (2013). Fundamentos de circuitos eléctricos. Mexico: McGraw – Hill.

Donde:

**Ecuación 30.-Corriente  $i_2$  referente a la ilustración del circuito amplificador**

$$i_2 = \frac{V_{in}}{R_2}$$

Fuente: Autores

**Ecuación 31.- Corriente  $i_3$  referente a la ilustración del circuito amplificador**

$$i_3 = \frac{(V_{out} - V_{in})}{R_3}$$

Fuente: Autores

**Ecuación 32.-Corriente  $i_4$  referente a la ilustración del circuito amplificador**

$$i_4 = (V_{out} - V_{in}) \frac{C_2 s}{R_4 C_2 s + 1}$$

Fuente: Autores

Remplazando en la ecuación 31 las ecuaciones 32,33 y 34 se tiene:

$$(V_{out} - V_{in}) \left[ \frac{1}{R_3} + \frac{C_2 s}{R_4 C_2 s + 1} \right] = \frac{V_{in}}{R_2}$$

$$V_{out} = V_{in} \left[ \frac{R_3(R_4 C_2 s + 1)}{R_3[(R_3 + R_4)(C_2 s + 1)]} + 1 \right]$$

$$V_{out} = \left[ \frac{R_3}{R_2(R_3 + R_4)} \left( R_4 + \frac{R_3 / [(R_3 + R_4) / C_2]}{s + 1 / [(R_3 + R_4) C_2]} \right) \right]$$

$$V_{out} = \left[ \frac{R_3 R_4 + R_2 (R_3 + R_4)}{R_2 (R_3 + R_4)} + \frac{1}{R_2 C_2} \left( \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)^2 e^{\frac{t}{(R_3 + R_4) C_2}} \right]$$

$$V_{out} = 1,88 + 7785,47 e^{1176,47t}$$

Para valores de  $t \geq 0,01$  segundos.

### **Ecuación 33.-Factor de Amplificación Placa Sensor MG811**

$$V_{out} = 1,88 V_{in}$$

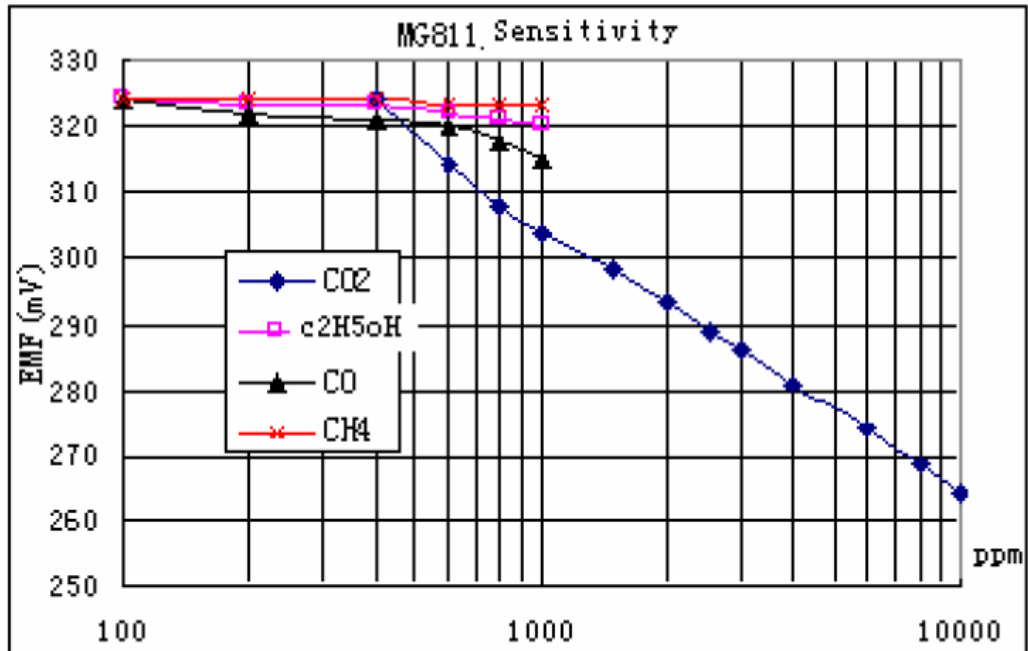
Fuente: Autores

#### *3.3.2.2.2. Calibración del Sensor*

Se colocó el sensor cerca de la chimenea del calefactor con lo cual se pudo variar el voltaje de salida amplificado del sensor. Posteriormente se dividió este valor para el factor de amplificación obteniendo la variación mínima del sensor, con este dato y la gráfica del

sensor se determinó los valores reales de CO<sub>2</sub> censados con su correspondiente lectura en el ADC del PLC.

Figura 37.-Gráfico Sensibilidad Sensor MG811



Fuente: Datasheet Sensor DDF Robot MG811

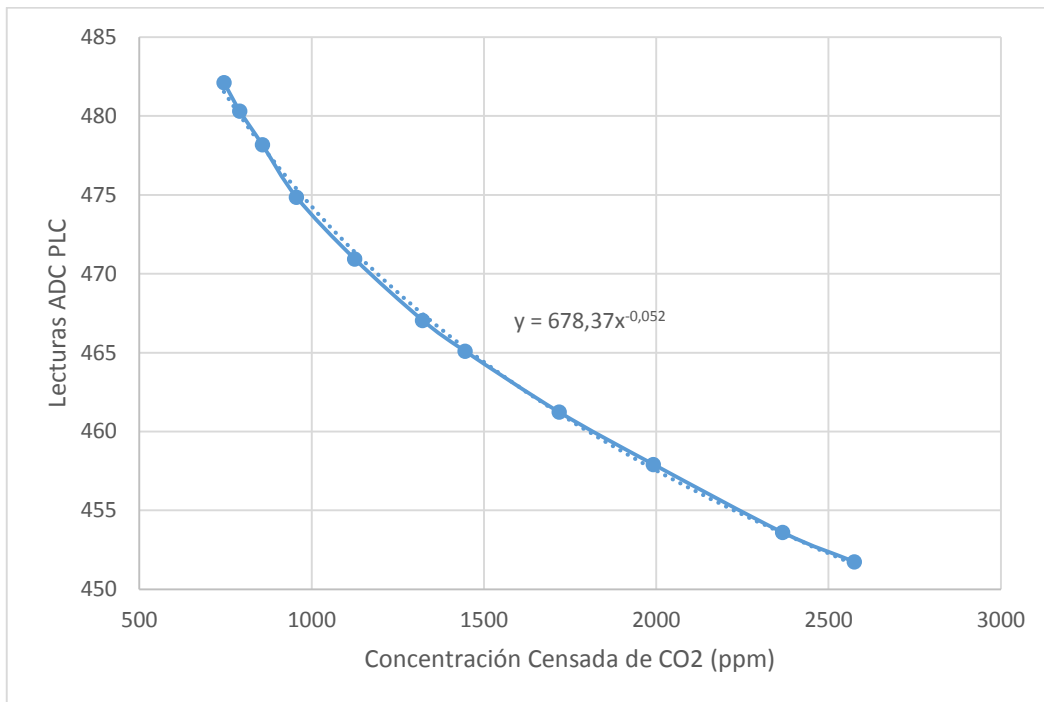
Tabla 14.- Datos censados de Dióxido de Carbono

Voltaje Placa(mV)	Voltaje Sensor (mV)	Concentración CO <sub>2</sub> (PPM)	ADC PLC
588,59	313,077	745,6	482,11
586,40	311,915	791,46	480,32
583,77	310,519	857,31	478,17
579,73	308,369	956,09	474,86
574,95	305,823	1125,14	470,94
570,20	303,297	1322,27	467,05
567,81	302,025	1445,73	465,09
563,09	299,518	1718,59	461,23
559,05	297,368	1991,89	457,92
553,79	294,570	2366,61	453,61
551,52	293,362	2574,64	451,75

Fuente: Autores

En base a la Tabla 14, se genera la siguiente gráfica.

**Figura 38.- Gráfico Dióxido de Carbono Censado vs Lectura del ADC**



Fuente: Autores

A continuación se obtiene la ecuación de la curva mediante el uso de la herramienta Línea de Tendencia de Microsoft Excel o matemáticamente mediante el método de regresión potencial como se explicó en el capítulo 3.3.2.1.1.

**Ecuación 34.- Relación lecturas ADC y Concentración de CO2**

$$y = 678,37 * x^{-0,052}$$

Fuente: Autores

En donde despejando  $x$ , se obtiene la ecuación que transforma los valores leídos por el conversor análogo digital del PLC, en lecturas reales de Concentración de Dióxido de Carbono censado al interior del galpón.

**Ecuación 35.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Concentración de CO2**

$$x \text{ (valor real de Nivel de CO2 en ppm)} = \left( \frac{y \text{ (Lecturas ADC)}}{678,37} \right)^{-\frac{1}{0,052}}$$

Fuente: Autores

### 3.3.2.3. Sensor de Amoniac DDF Robot MQ137

El sensor de amoniaco posee las siguientes características:

- Voltaje de Operación: 5 Vdc
- Salida análoga de 3- 5 Vdc
- Placa de amplificación y linealización incorporada
- 1 Salida digital
- Tamaño 23x36 mm

**Figura 39.-Sensor de Amoniac DDF Robot MQ137**



Fuente: [http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&path=36\\_85&product\\_id=376#.U4UgNh3U-TM](http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&path=36_85&product_id=376#.U4UgNh3U-TM)

#### 3.3.2.3.1. Calibración del Sensor

Para el sensor MQ137 se tiene que los coeficientes de la Ecuación 26, Concentración de gas en un sensor resistivo de óxido metálico, son:

$K = \text{Coeficiente del Oxido Metalico del Sensor} = 3,55$

$a = \text{Coeficiente del Gas Censado} = 0,67$

Sustituyendo estos valores en la **Ecuación 27**, se obtiene la siguiente ecuación:

**Ecuación 36.-Concentración de Gas en el sensor MQ137**

$$C = \left( \frac{\left( \frac{V_C}{V_{RL}} - 1 \right) * R_L}{3,55} \right)^{-\frac{1}{0,67}}$$

Fuente: Autores

Se procede a realizar el muestreo de datos, acercando el sensor a una fuente de amoníaco, en este caso la gallinaza de las aves, y observando el voltaje de salida del sensor, el cual se sustituye en la Ecuación 34, para encontrar el valor de C con lo que se obtiene la siguiente tabla.

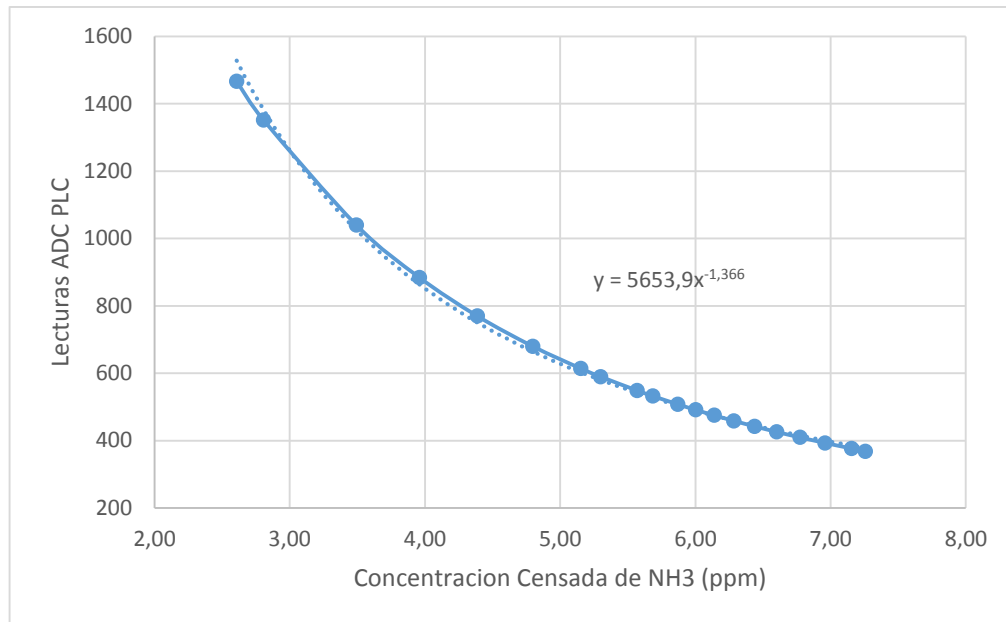
**Tabla 15.- Datos censados del Monóxido de Carbono**

VRL (V)	Concentración NH3 (ppm)	ADC PLC
1,79	2,61	1466,189
1,65	2,81	1351,515
1,27	3,49	1040,257
1,08	3,96	884,628
0,94	4,39	769,954
0,83	4,80	679,853
0,75	5,15	614,325
0,72	5,30	589,752
0,67	5,57	548,797
0,65	5,68	532,415
0,62	5,87	507,842
0,6	6,00	491,46
0,58	6,14	475,078
0,56	6,28	458,696
0,54	6,44	442,314
0,52	6,60	425,932
0,5	6,77	409,55
0,48	6,96	393,168
0,46	7,15	376,786
0,45	7,26	368,595

Fuente: Autores

Para lo cual se genera la siguiente gráfica.

**Figura 40.- Gráfico Amoniaco censado vs lectura del ADC**



Fuente: Autores

A continuación se obtiene la ecuación de la curva mediante el uso de la herramienta Línea de Tendencia de Microsoft Excel o matemáticamente mediante el método de regresión potencial como se explicó en el capítulo 3.3.2.1.1.

**Ecuación 37.- Relación lecturas ADC y Concentración de NH3**

$$y = 5653,9 * x^{-1,366}$$

Fuente: Autores

En donde despejando  $x$ , se obtiene la ecuación que transforma los valores leídos por el conversor análogo digital del PLC, en lecturas reales de Concentración de Amoniaco censado al interior del galpón.

**Ecuación 38.- Conversión Lecturas ADC en valores reales de Concentración de NH3**

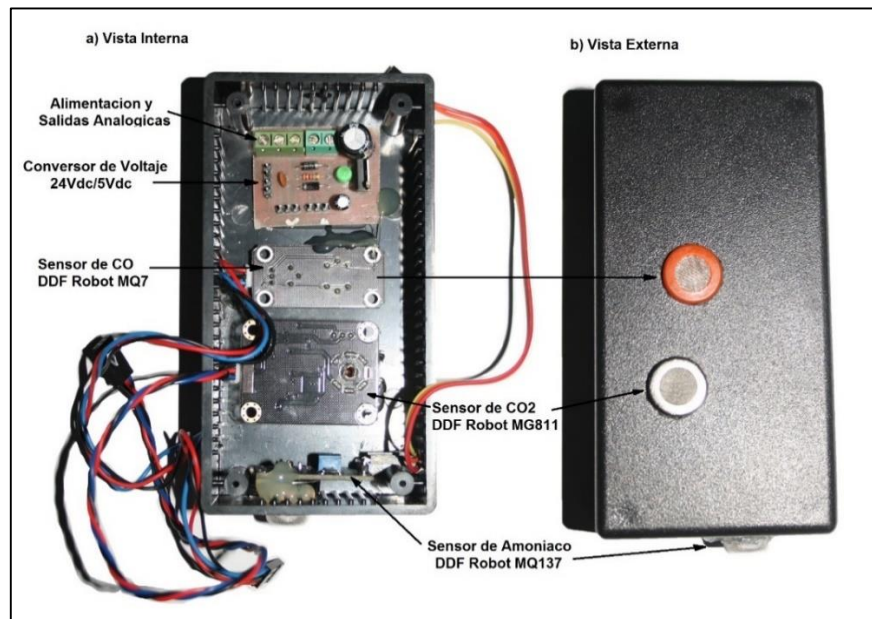
$$x \text{ (valor real de Nivel de NH3 en ppm)} = \left( \frac{y \text{ (Lecturas ADC)}}{5653,9} \right)^{-\frac{1}{1,366}}$$

Fuente: Autores

### 3.3.2.4. Disposición de los Sensores de Gases

Para el uso de los sensores antes mencionados se dispone de una caja, en la que se ubicaran cada uno de ellos, brindándoles robustez, protección y estarán conectados a una placa reductora de voltaje que permita su correcta alimentación y conexión hacia el PLC.

**Figura 41.- Disposición de los Sensores de Gas**



Fuente: Autores

Los sensores de Monóxido y Dióxido de Carbono estarán apuntando hacia la manga de distribución de aire con el fin de detectar anomalías en el funcionamiento del calefactor, mientras que el sensor de amoniac estará dirigido hacia el piso, directo sobre la gallinaza del galpón, de este modo se garantiza una correcta medición de los gases antes mencionados.

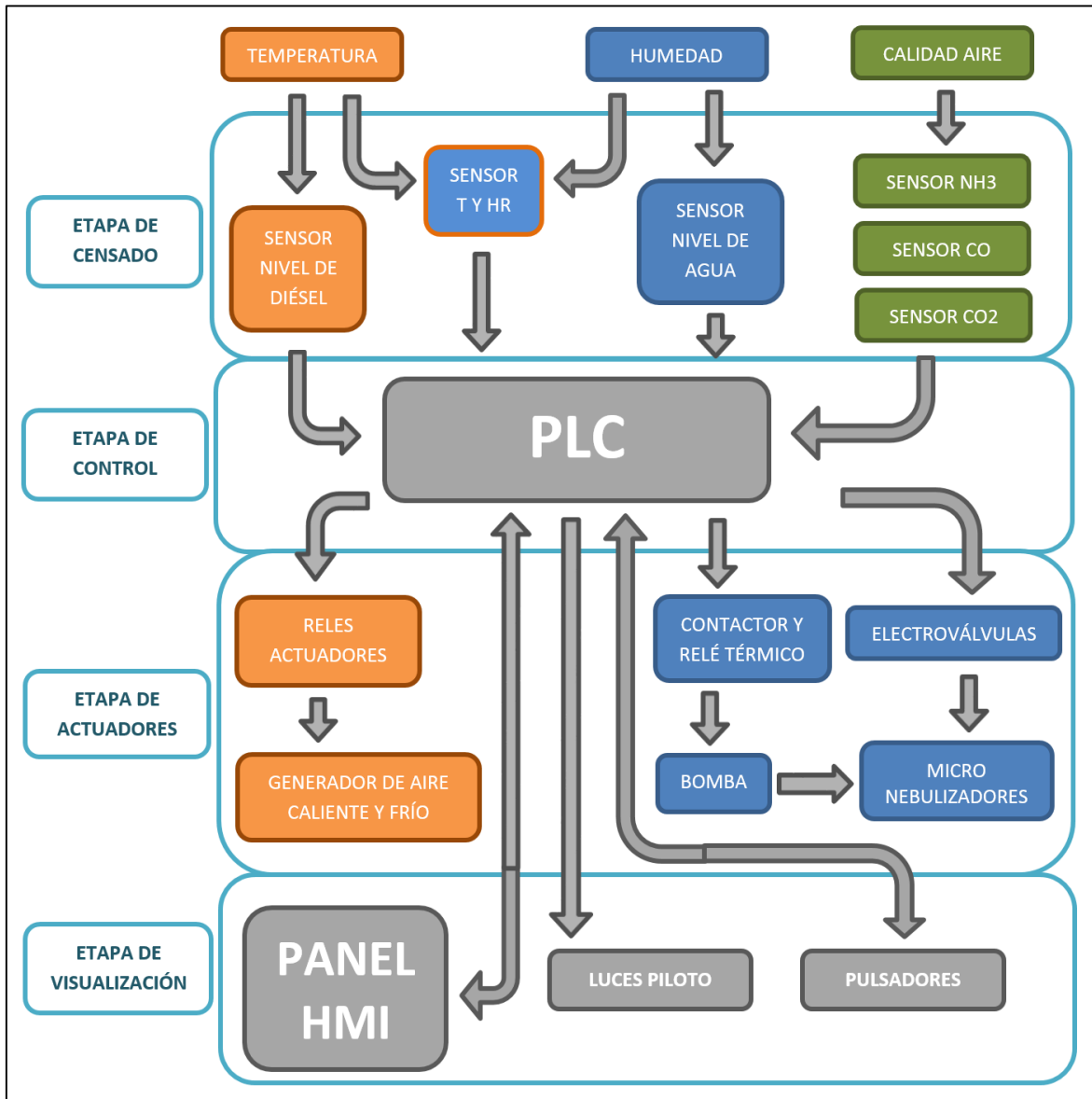
## 3.4. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO

### 3.4.1. DIAGRAMA DE BLOQUES

En base a los requerimientos para el control de temperatura, humedad y monitoreo de aire, se procede a realizar un diagrama de bloques con los dispositivos de instrumentación, control, actuación y visualización que se van a utilizar en el proyecto, tal como se muestra en la **Figura 42**.



Figura 42.- Diagrama de Bloques del Proyecto



Fuente: Autores

### 3.4.1.1. Etapa de Censado

Esta etapa cubre los sensores utilizados en la medición de las variables requeridas para el control de los diferentes procesos de temperatura, humedad, y calidad de aire. Los sensores seleccionados vienen calibrados de fábrica y con una salida de voltaje lineal entre 0 a 10V por lo que no es necesario una etapa de linealización.

### 3.4.1.2. Etapa de Control

Conformada por el controlador lógico programable y sus módulos, se encargan de la recepción de datos medidos por los sensores o los datos provenientes desde la Etapa de

visualización y de acuerdo al software de programación controlan la activación de los diferentes actuadores.

### 3.4.1.3. Etapa de Actuadores

Se compone de todos los dispositivos capaces de cambiar las variables de temperatura y humedad mediante su accionamiento. Los relés actuadores permiten activar ya sea el modo de funcionamiento calefacción o ventilación del generador de aire caliente o frío con lo cual se consigue elevar o reducir la temperatura interna de la caseta de producción.

Por otro lado, el contactor junto con el relé térmico permiten la activación de la bomba de agua que hace circular líquido a alta presión por la tubería seleccionada mediante la activación de las electroválvulas, y posteriormente produciendo micro partículas de agua mediante los nebulizadores, con lo cual se consigue elevar el porcentaje de humedad relativa, cuando esta disminuye por acción del ingreso de aire seco del generador de aire caliente.

### 3.4.1.4. Etapa de Visualización

Para la visualización del estado de los sensores y actuadores se dispone del panel HMI KTP600 junto con las luces piloto y pulsadores del tablero de control, los cuales nos permitirán observar todo lo referente al proceso y configurar o cambiar el estado de los actuadores y otras variables que intervienen en el sistema de control.

## 3.4.2. SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL

De acuerdo al diagrama de bloques de la **Figura 42**, se procede a clasificar la cantidad de entradas y salidas requeridas para el PLC y los procesos a controlar y visualizar mediante HMI.

**Tabla 16.-Cantidad de Entradas Digitales Requeridas PLC**

ENTRADAS DIGITALES PLC	Cantidad	Área
Botón ON	1	Encendido del Sistema
Botón OFF	1	
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	

Fuente: Autores

Tabla 17.-Cantidad de Entradas Analógicas Requeridas PLC

ENTRADAS ANALÓGICAS PLC	Cantidad	Área
Sensor de Temperatura Sector 1	1	Control de Temperatura
Sensor de Temperatura Sector 2	1	
Sensor de Nivel de Combustible	1	
Sensor de H% Sector1	1	Control de Humedad
Sensor de H% Sector2	1	
Sensor de Nivel de Agua	1	
Sensor de Amoniaco NH3	1	Monitoreo Calidad Aire
Sensor de Monóxido de Carbono CO	1	
Sensor de Dióxido de Carbono CO2	1	
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	

Fuente: Autores

Tabla 18.-Cantidad de Salidas Digitales Requeridas PLC

SALIDAS DIGITALES PLC	Cantidad	Área
Luz Piloto ON	1	Encendido del Sistema
Luz Piloto OFF	1	
Relé Modo Calefacción	1	Control de Temperatura
Relé Modo Apagado	1	
Relé Modo Ventilación	1	
Luz Piloto Calefacción Encendida	1	
Válvula Solenoide Línea Izquierda	1	Control de Humedad
Válvula Solenoide Línea Derecha	1	
Contactador Activación Bomba	1	
Luz Piloto Nebulización Encendida	1	
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	

Fuente: Autores

Tabla 19.-Procesos de Visualización y Control por HMI

PROCESOS A CONTROLAR Y VISUALIZAR MEDIANTE HMI	Área
Hora y Fecha Actuales Tiempo de Producción Control Manual del Tiempo	Control de Tiempo
Temperatura Recomendada según el día de producción Temperatura Medida por los Sensores Nivel de Combustible en el Reservorio Control Manual del Generador de Aire Caliente Alarmas del Generador de Aire Caliente	Control de Temperatura
Humedad Recomendada según el día de producción Humedad Medida por los Sensores Nivel de Agua en el Reservorio Control Manual de Nebulización	Control de Humedad

PROCESOS A CONTROLAR Y VISUALIZAR MEDIANTE HMI	Área
Alarmas del Sistema de Nebulización	
Parámetros de Calidad de Aire según el día de producción NH3, CO, CO2 Medidos por los Sensores Alarmas de Calidad de Aire	Monitoreo Calidad Aire
Control y Visualización de Dataloging	Almacenamiento y Diagnóstico de Datos

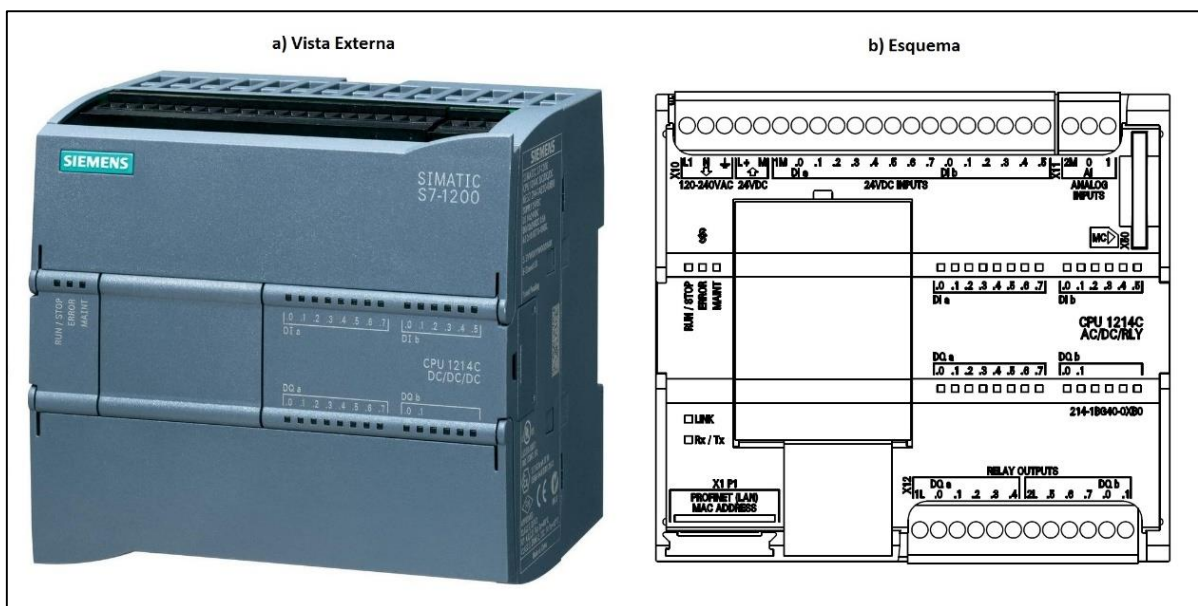
Fuente: Autores

De acuerdo a las Tablas anteriores, se procede a elegir los componentes con los cuales se va a controlar y visualizar de manera automática la temperatura y humedad presentes en la caseta de producción.

### 3.4.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SIEMENS SIMATIC S7-1200 CPU 1214C

El controlador SIMATIC S7-1200 fue lanzado el 19 de Octubre de 2009 y representa la solución más versátil, segura e idónea para el control y automatización de cualquier proceso, ya que cuenta con una gama completa de elementos de control y visualización que garantizan total funcionalidad en cualquier campo que se desee implementar.

Figura 43.-Simatic S7-1200 CPU 1214C



Fuente: Catalogo No.3 Siemens SIMATIC S7-1200

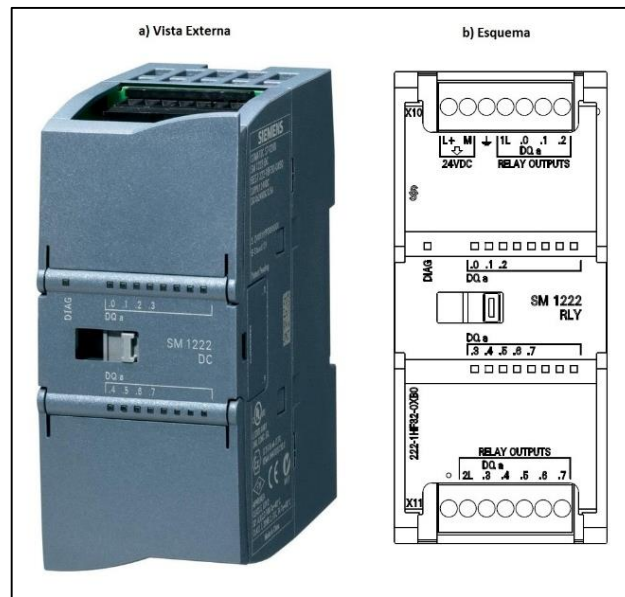
### 3.4.3.1. Características Técnicas

- Fuente de Alimentación Integrada de 110-240VAC / 24VDC
- Fuente de alimentación integrada de 24 V para sensores o carga
- Consumo :   Nominal 50 mA con 240VAC  
                   Máximo 150mA con 240VAC  
                   Intensidad al encenderse 20A con 264VAC
- 14 entradas digitales integradas de 24 V DC (sumidero/fuente (IEC tipo 1, sumidero)).
- 10 salidas digitales integradas, a elegir entre 24 V DC o relé.
- 2 entradas analógicas integradas 0 - 10 V.
- 2 salidas de impulsos (PTO) con una frecuencia hasta de 100Hz.
- Interfaz Ethernet integrada (TCP/IP nativa, ISO-on-TCP).
- Ampliación con interfaces de comunicación adicionales mediante Módulos de Comunicación adicionales. 3 Communication Modules en total
- Ampliación de señales analógicas y digitales directamente en la CPU mediante Signal Board (respetando la dimensión de montaje de la CPU). 8 Signal Modules en total
- Memoria de 50 Kbyte con ampliación opcional mediante SIMATIC Memory Card.
- Regulador PID con funcionalidad de autoajuste.
- Reloj de tiempo real integrado.
- Tiempos de Procesamiento: Operaciones con bits 0.1us  
   Operaciones con words 12us  
   Operaciones con flotante 18us
- Bornes desmontables en todos los módulos.
- Dimensiones 110x74.3x100 mm

### 3.4.4. MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES SM1222

Los módulos de salidas digitales permiten incrementar el número de salidas digitales del controlador al proceso, sin necesidad de una inversión mayor o un cambio significativo en el programa de usuario.

**Figura 44.- Módulo de Salidas Digitales Siemens SM1222**



Fuente: Catalogo No.3 Siemens SIMATIC S7-1200

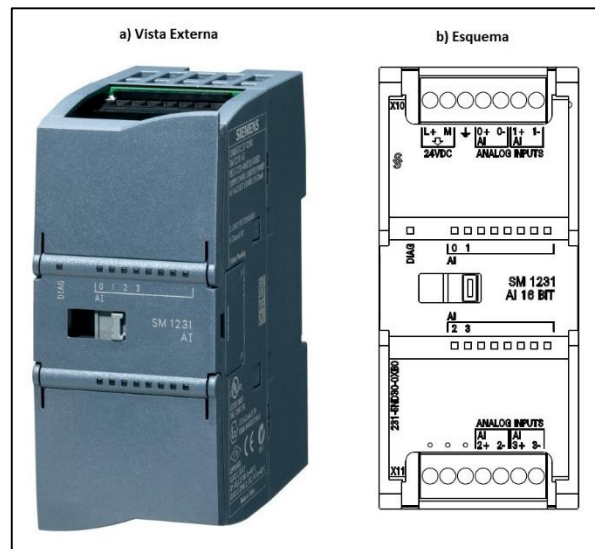
#### 3.4.4.1. Características Técnicas

- Tensión de Alimentación: 24VDC
- 8 Salidas Digitales x Relé
- Tensión de Carga: 11mA por bobina de Relé
- 10 salidas digitales integradas, a elegir entre 24 V DC o relé.
- Consumo y Perdidas: 4,5 W
- Protección contra cortocircuitos: No debe preverse externamente
- Poder de Corte de las salidas: Carga Óhmica 2A  
Carga Lámparas 30WDC 200WAC
- Tensión de Salida: 5 - 250 VAC, 5 – 30 VD
- Intensidad de Salida: 2A
- Retardo a la Salida: 10ms
- Leds señalizadores para diagnóstico y alarmas
- Condiciones climáticas de funcionamiento: -40....70 °C  
1080...660 hPa
- Dimensiones: 45x100x75mm
- Peso: 190g

### 3.4.5. MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS SM1231

Los módulos de entradas analógicas permiten incrementar el número de entradas analógicas del proceso al controlador, sin necesidad de una inversión mayor o un cambio significativo en el programa de usuario.

Figura 45.-Módulo de Entradas Analógicas Siemens SM 1231



Fuente: Catalogo No.3 Siemens SIMATIC S7-1200

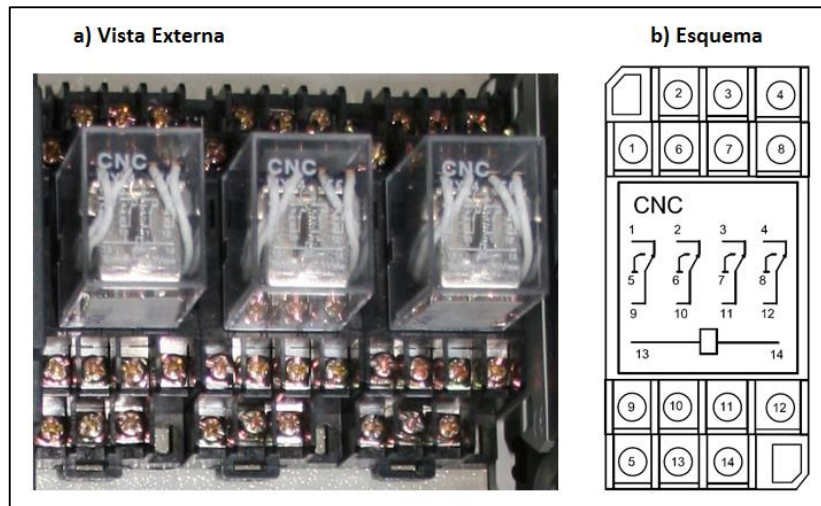
#### 3.4.5.1. Características Técnicas

- Alimentación: 24VDC
- Número de Entradas Analógicas: 4 x 13bits
- Consumo y Perdidas: 45mA...80mA - 4,5 W
- Tensión de Entrada Admisible: 35VDC
- Intensidad de Entrada Admisible: 40mA
- Poder de Corte de las salidas: Carga Óhmica 2A  
Carga Lámparas 30WDC 200WAC
- Tensión de Salida: 5 - 250 VAC, 5 – 30 VDC
- Tiempo de Ciclo: 625us
- Condiciones climáticas de funcionamiento: -40....70 °C  
1080...660 hPa  
95% Humedad Relativa
- Dimensiones: 45x100x75mm
- Peso: 180g

### 3.4.6. RELÉ CNC MY4

Para controlar los modos de funcionamiento del calefactor Biemmedue FARM90, se necesitan 3 relays, uno para conmutar al modo calefacción, otro al modo ventilación y un último que cumplirá la función de termistor dependiendo de la temperatura censada.

Figura 46.- Relé CNC MY4



Fuente: Autores

#### 3.4.6.1. Características Técnicas

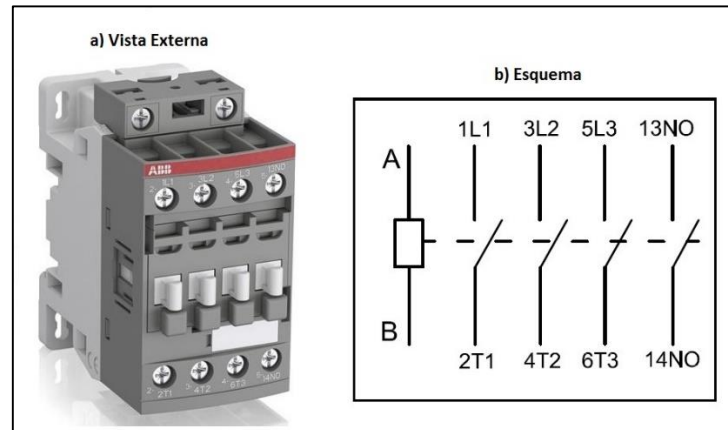
- Alimentación de la Bobina: 24VDC
- Tensión Máxima Soportada: 240VA
- Intensidad Máxima Soportada: 15A
- 4 Contactos Abiertos y 4 Contactos Cerrados
- Dimensiones: 90x45x75mm

### 3.4.7. CONTACTOR ABB AF09

El arranque de la bomba de agua para el sistema de nebulización, se lo hará mediante el contactor ABB AF09



**Figura 47.-Contactor ABB AF09**



Fuente: Imagen Database ABB Electronics

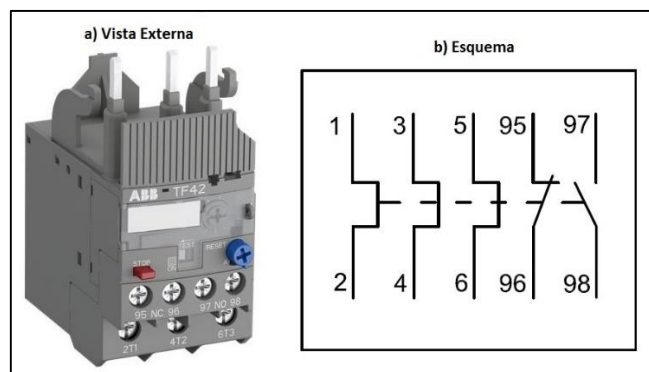
### 3.4.7.1. Características Técnicas

- Tensión de la Bobina: 20VDC....60VDC
- Tensión de Función Máxima 600 VAC – 80VDC
- Intensidad Máxima Soportada : 25A
- Numero de Polos: 4
- Frecuencia máxima de accionamientos: 600 ciclos/hora
- Condiciones climáticas de funcionamiento: -60....80 °C

### 3.4.8. RELÉ TÉRMICO DE SOBRECARGA ABB TF42-10

El relé térmico ABB TF42-10 se acopla directamente al contactor anteriormente mencionado, y se encarga de la protección contra sobrecarga para el motor de la bomba.

**Figura 48.-Relé Térmico de Sobrecarga ABB TF42**



Fuente: Imagen Database ABB Electronics

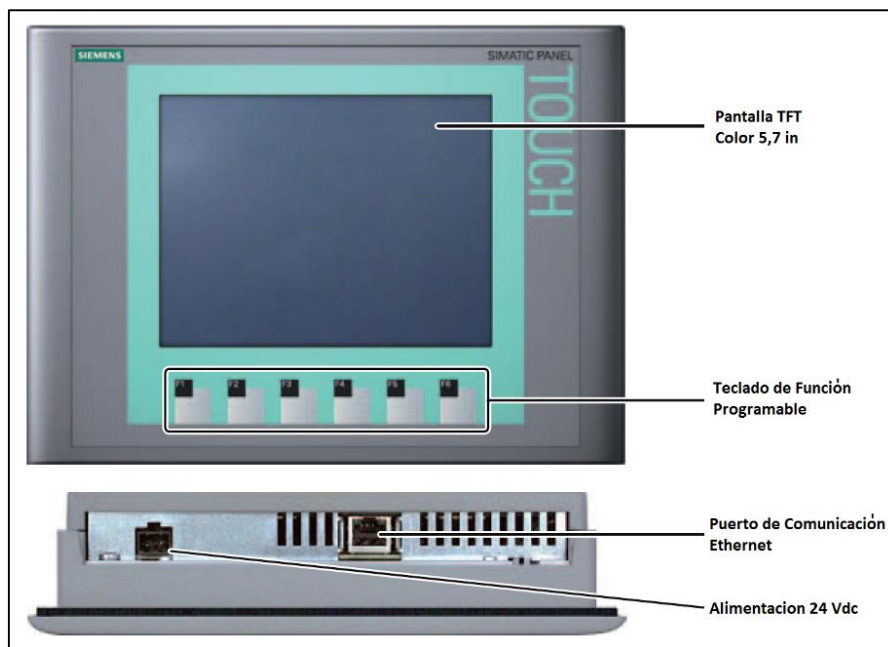
### 3.4.8.1. Características Técnicas

- Tensión Máxima Soportada: 500VAC
- Intensidad Máxima Soportada: 4.5 , 6.9 , 7.5 , 9.5 A configurable

### 3.4.9. SIMATIC HMI BASIC PANEL KTP600 PN COLOR

La mayoría de procesos de control requieren un método de visualización y control que sea compacto y a la vez eficiente. Los Paneles Simatic HMI BASIC son la perfecta solución en aplicaciones básicas y ligeramente avanzadas

Figura 49.- Simatic HMI Panel KTP600 PN COLOR



Fuente: Imagen Database Siemens

### 3.4.9.1. Características Técnicas

- Alimentación: 24VDC con rango admisible 19,2...28,8 V
- Pantalla de 5,7 pulgadas (115.2 x 86.4 mm) TFT
- Resolución de 320x240 Pixeles, 256 Colores
- Retroiluminación CCFL Half Brightness
- Tiempo de vida: 50000 horas
- Memoria: 512 Kbytes
- Manejo Táctil o con Teclado
- 6 Teclas de Función

- Interfaz: 1x Ethernet RJ45 10/100 Mbit/s
- Consumo: aproximadamente 350mA...500mA
- Peso: Aproximadamente 1070g

### **3.5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL**

En todo sistema de control es necesario contar con un tablero en el que se coloque de forma organizada todos los componentes electrónicos del sistema de modo que facilite la visualización y control de todos los componentes del sistema.

#### **3.5.1. UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS EXTERNOS Y PERFORADO DE LA CAJA ELÉCTRICA**

Se procede a ubicar las luces piloto, pulsadores, pantalla HMI y a señalar el lugar donde se procederá a realizar las perforaciones, para lo cual se cuenta con una gama de brocas de acero y una broca cónica con el radio exacto de cada sócalo.

**Figura 50.- Herramientas de Perforado Caja Eléctrica**



Fuente: Autores

**Figura 51.-Ubicación y Señalización Pre-perforado**



Fuente: Autores

**Figura 52.-Resultados Perforación**



Fuente: Autores

### **3.5.2. UBICACIÓN DE DISPOSITIVOS INTERNOS**

Se procede a cortar el carril DIN dependiendo del número de Racks que se necesite. Posteriormente se ajustan con tornillos a la base falsa del tablero.



**Figura 53.-Ubicación de Carriles DIN**



Fuente: Autores

Una vez ubicado los dispositivos se procede a cortar y fijar las canaletas que cubrirán y distribuirán en forma ordenada el cableado interno.

**Figura 54.-Ubicación de Dispositivos Internos y Canaletas**

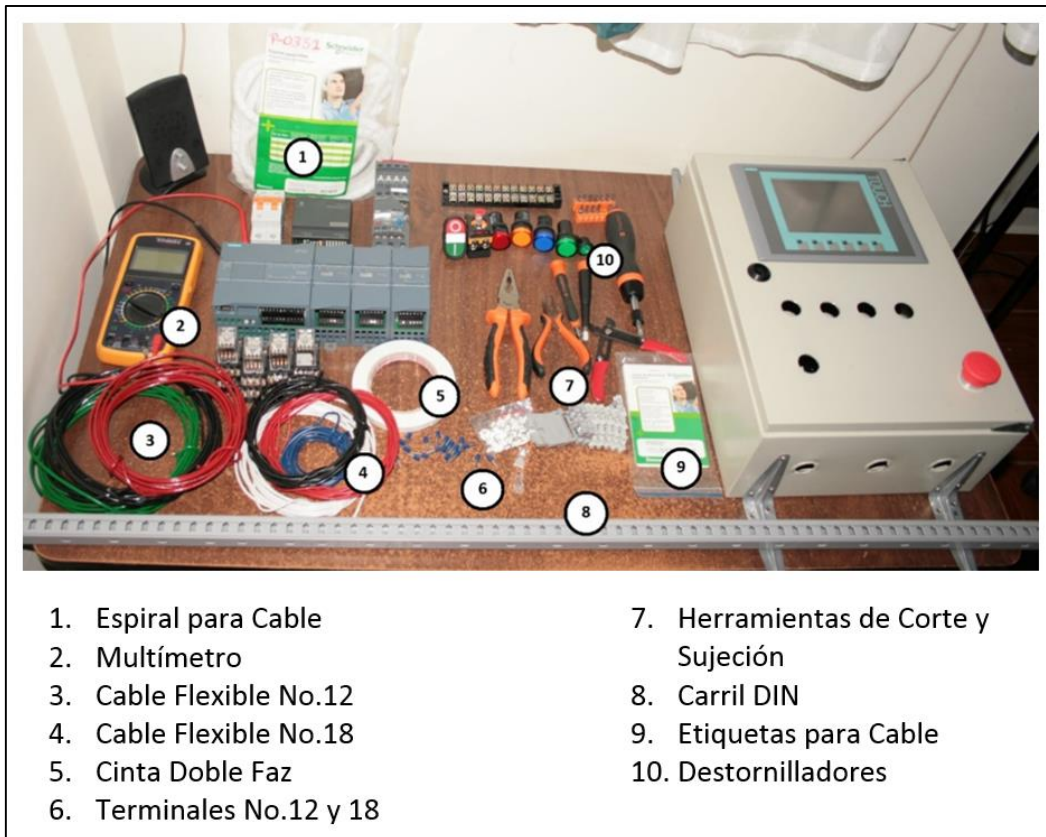


Fuente: Autores

### **3.5.3. CABLEADO Y ETIQUETADO INTERNO DEL TABLERO**

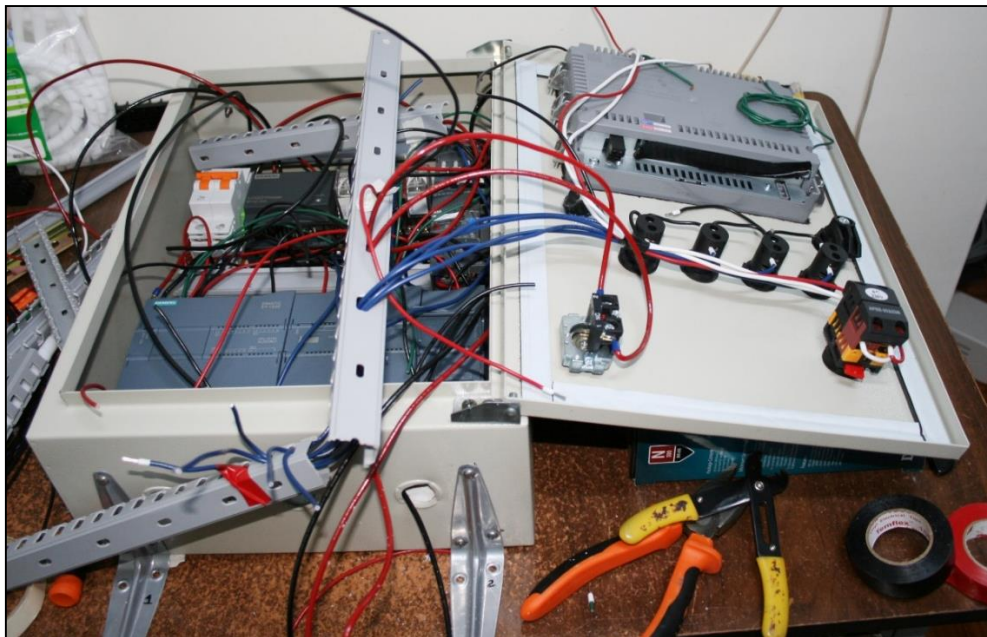
En el cableado se utilizara Cable Flexible No. 18 para señales de control y alimentación de 24 VDC. Para alimentación de 220 VAC se usara Cable Flexible No. 12, y en general las herramientas que se muestran a continuación.

**Figura 55.-Herramientas para Cableado Interno**



Fuente: Autores

**Figura 56.- Cableado Parcial**

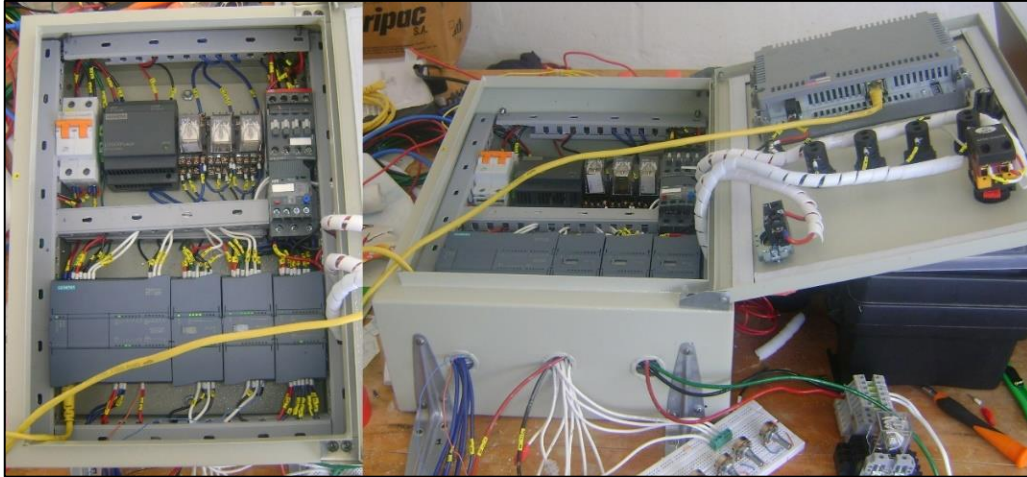


Fuente: Autores



Una vez se tiene organizados los cables dentro de la canaleta y conectados a los dispositivos, se procede a etiquetar los cables.

**Figura 57.-Resultados Cableado Finalizado**

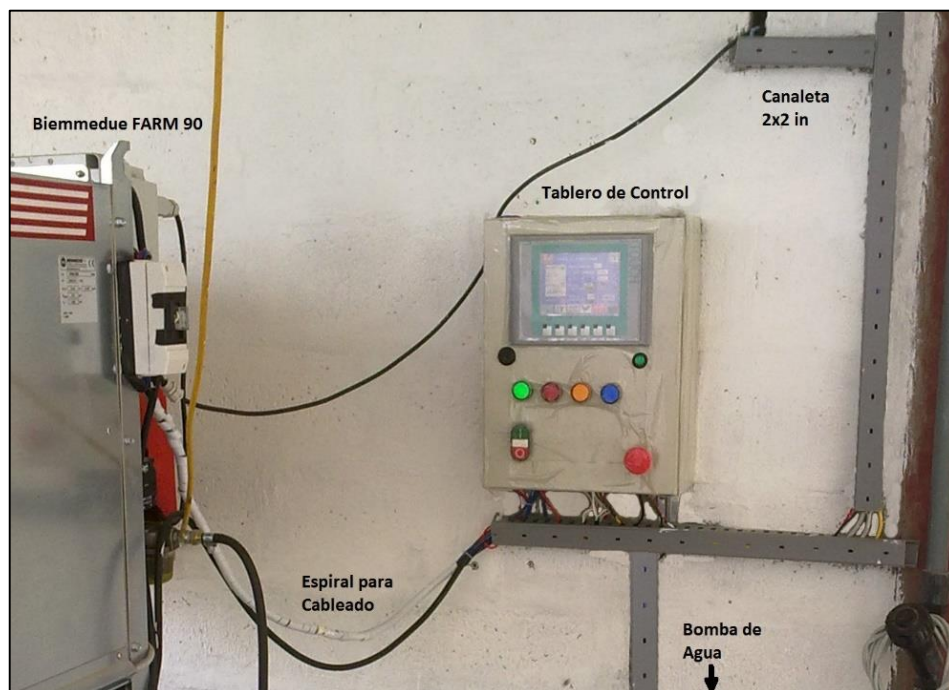


Fuente: Autores

#### **3.5.4. CABLEADO EXTERNO DEL TABLERO**

Finalmente se utilizó canaleta de 2x2 in y espiral para cableado, para la organización de los cables de entrada y salida del Tablero de Control.

**Figura 58.- Cableado Externo del Tablero de Control**

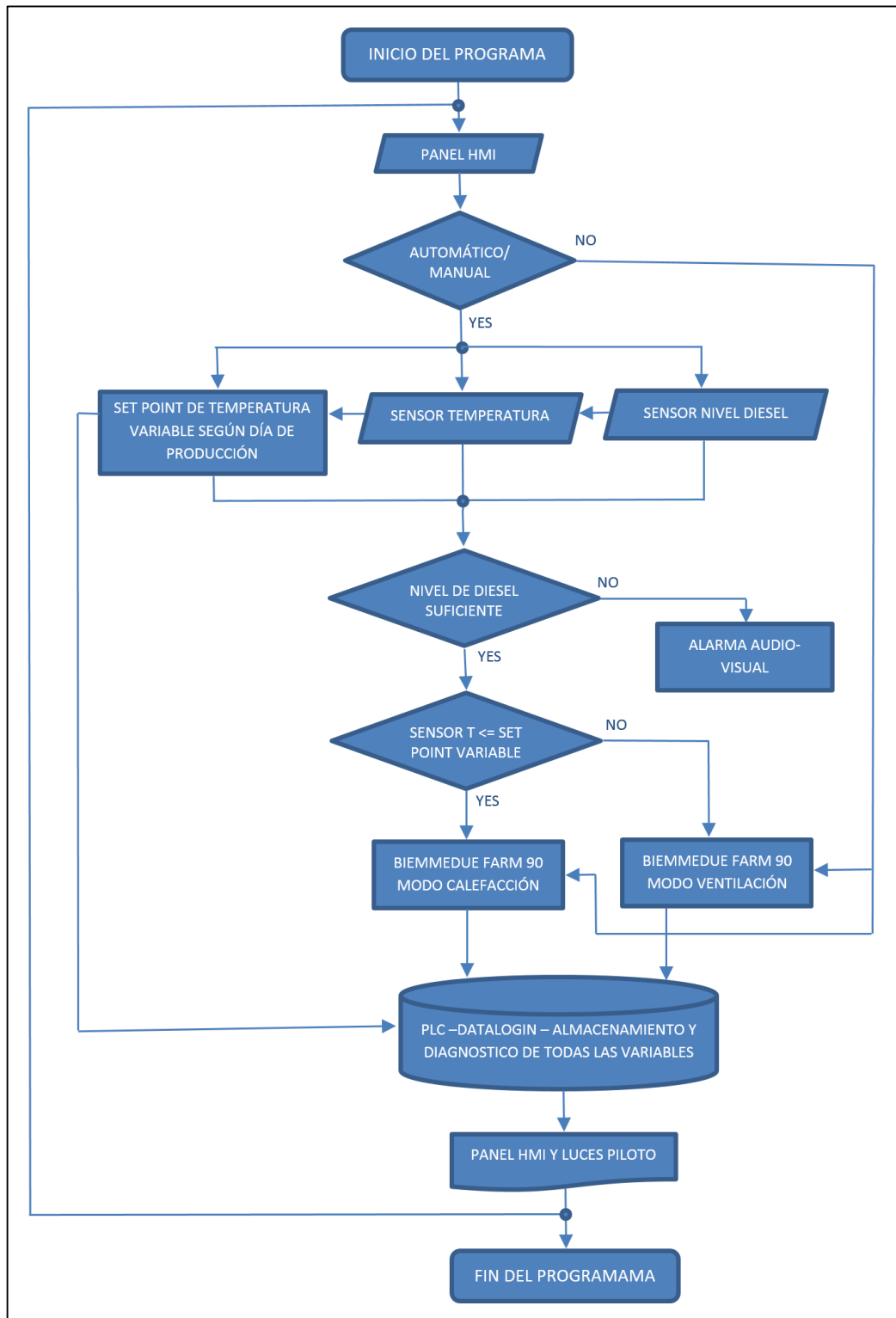


Fuente: Autores

### 3.6.DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL

#### 3.6.1. FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE CALEFACCION

Figura 59.- Flujoograma Proceso de Calefacción

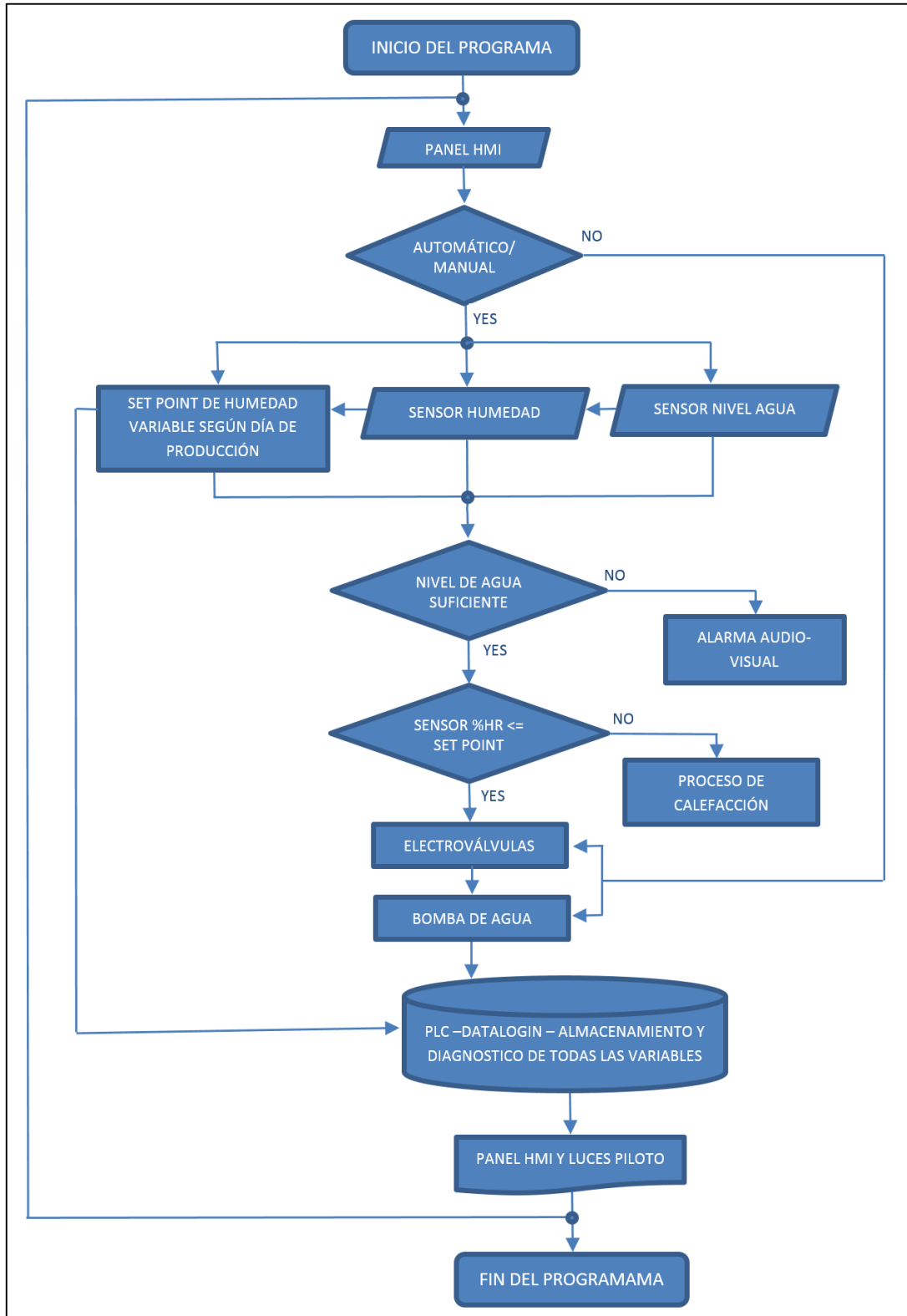


Fuente: Autores



### 3.6.2. FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE NEBULIZACIÓN

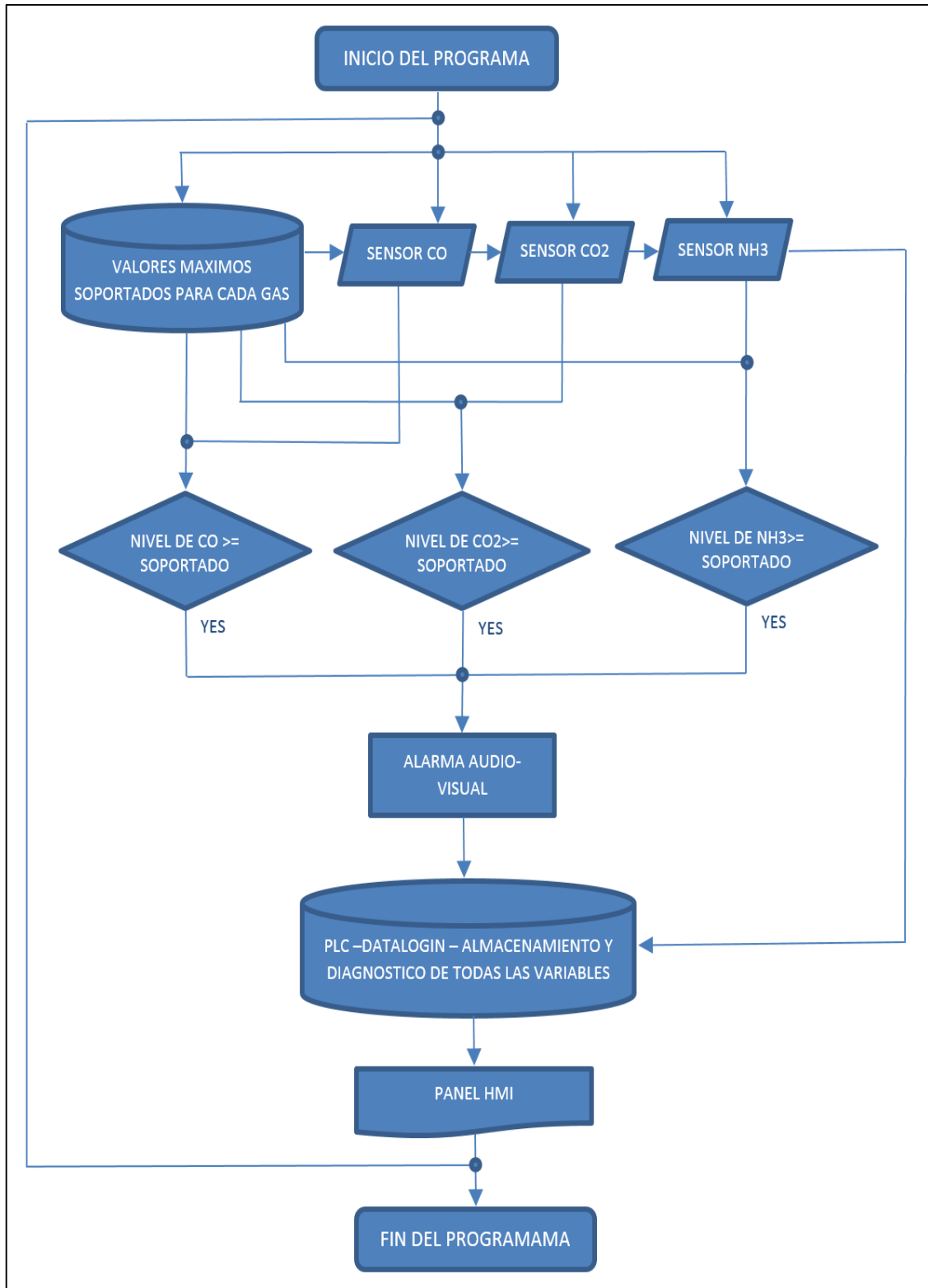
Figura 60.- Flujoograma Proceso de Nebulización



Fuente: Autores

### 3.6.3. FLUJOGRAMA DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE

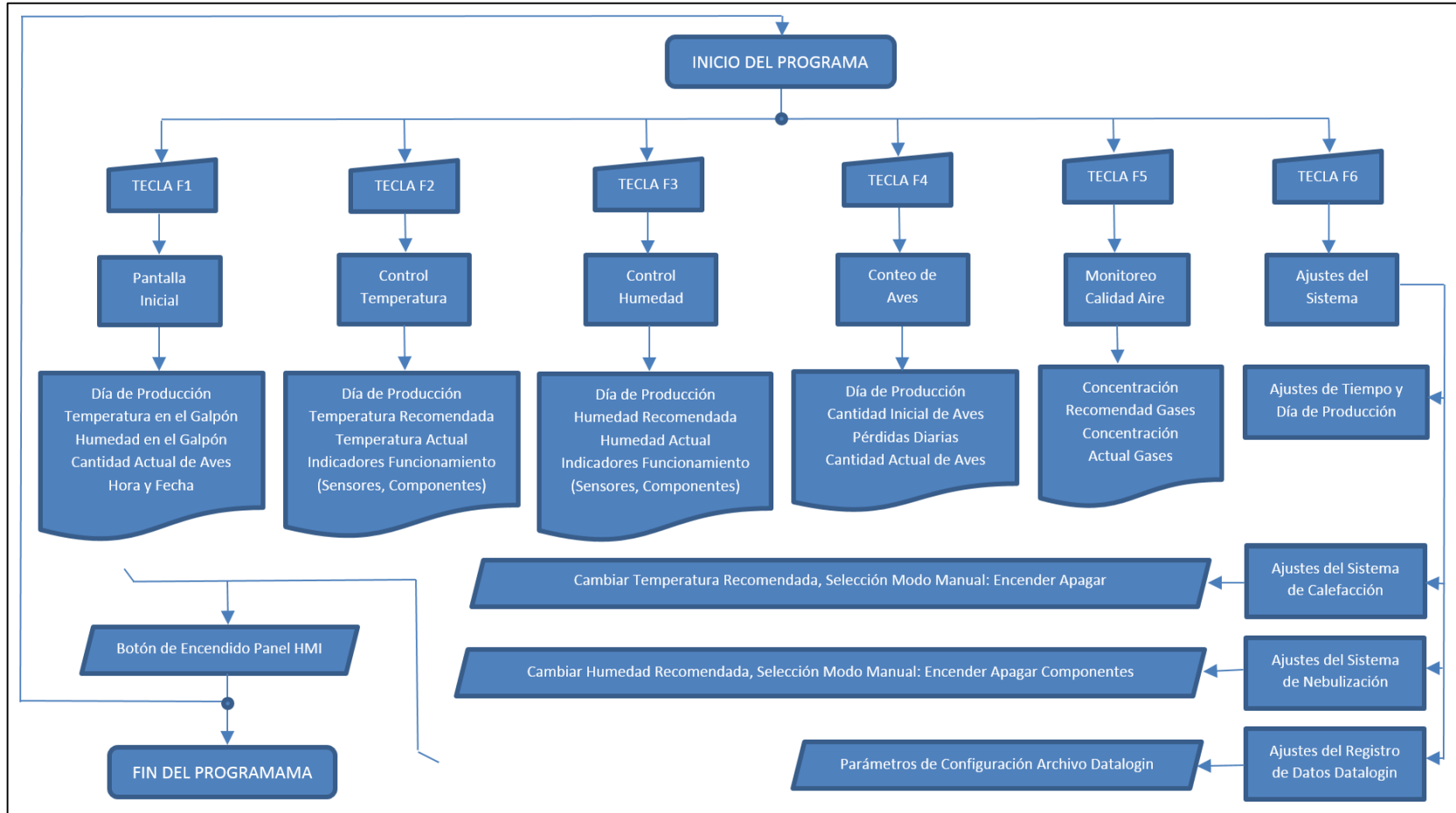
Figura 61.- Flujoograma Monitoreo Calidad Aire



Fuente: Autores

### 3.6.4. FLUJOGRAMA PROGRAMACION PANEL HMI

Figura 62.- Flujoograma Programación Panel HMI



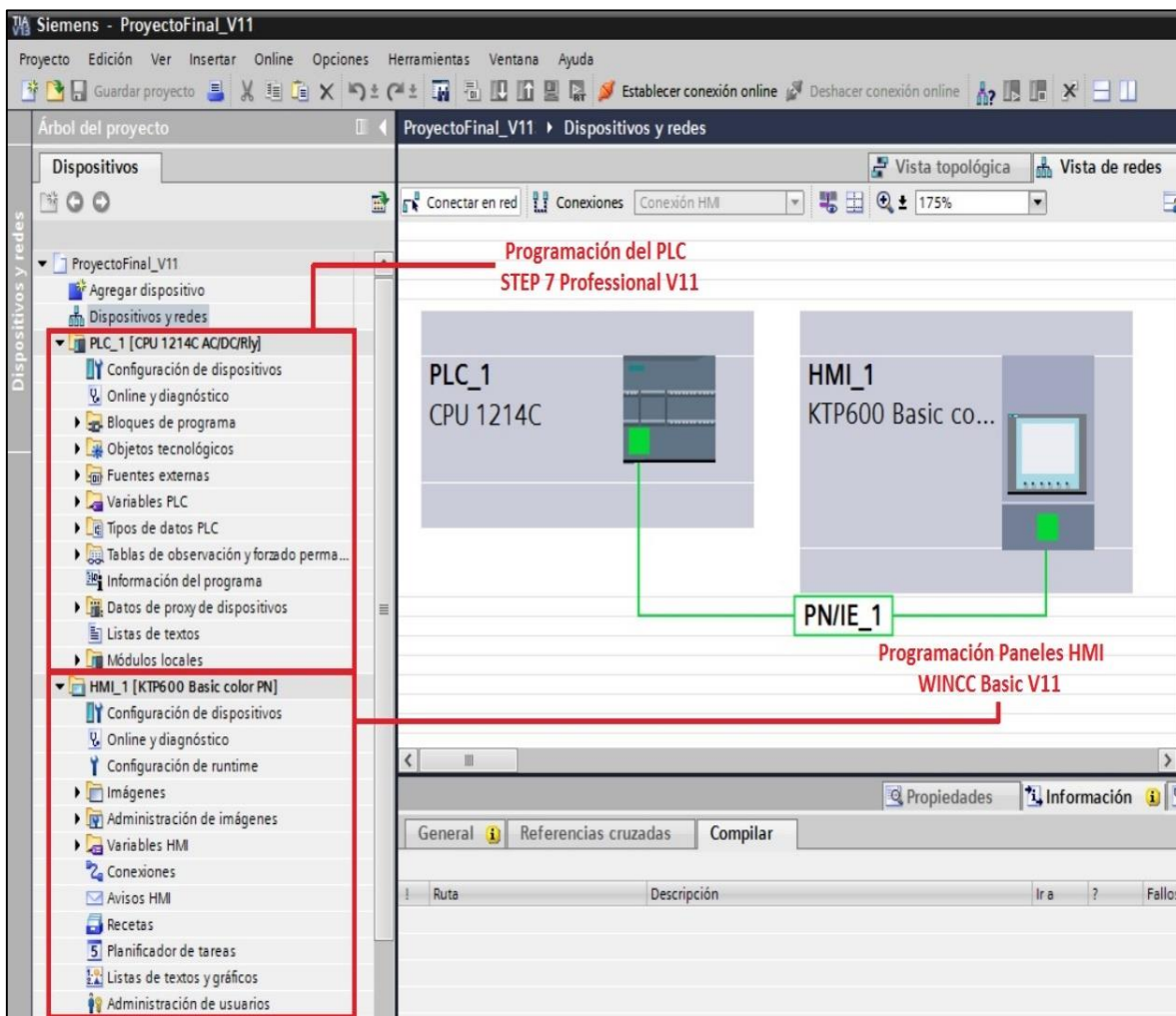
Fuente: Autores

### 3.6.5. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE TIA PORTAL V11

El software TIA PORTAL V11 es un nuevo concepto implementado por Siemens, reúne todos los conceptos necesarios para la programación de la mayoría de instrumentos fabricados por Siemens desde Controladores Lógicos Programables, Variadores de Frecuencia, Dispositivos HMI, Módulos de Expansión y Módulos de Comunicaciones.

La interfaz del programa es totalmente intuitiva y eficiente, sus módulos permiten la programación tanto del controlador como de los sistemas de visualización y comunicaciones desde una sola pantalla, facilitando así la sincronización y funcionamiento de todos los dispositivos utilizados en la automatización de procesos.

Figura 63.- Interfaz TIA PORTAL V11



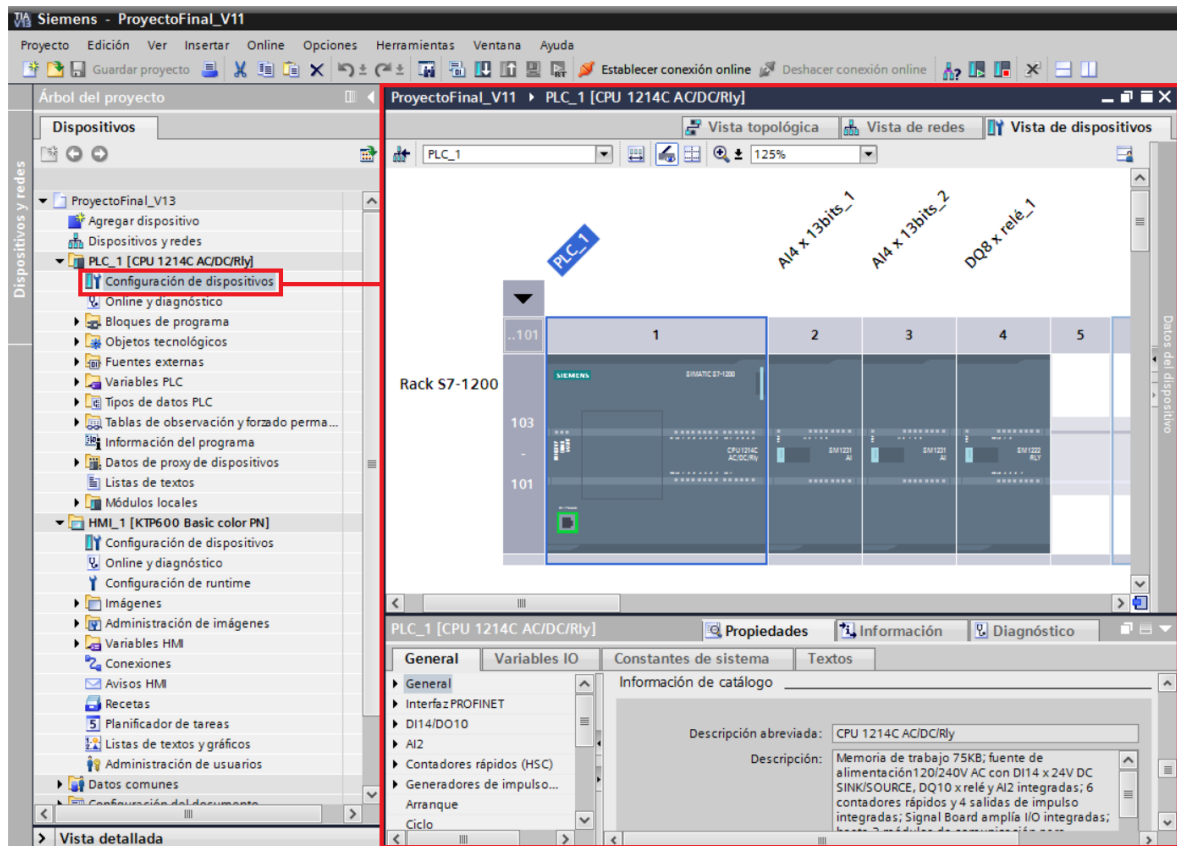
Fuente: Autores

### 3.6.5.1. Step 7 Professional V11

El Módulo Step 7 Professional de Tia Portal V13, permite la programación de los Controladores Siemens, cuenta con un potente conjunto de herramientas de configuración, diagnóstico, programación y simulación.

La configuración de Dispositivos permite agregar módulos de comunicación y expansión desde el catálogo con una amplia gama de información de cada uno, además permite configuraciones avanzadas tanto del controlador como de los módulos agregados.

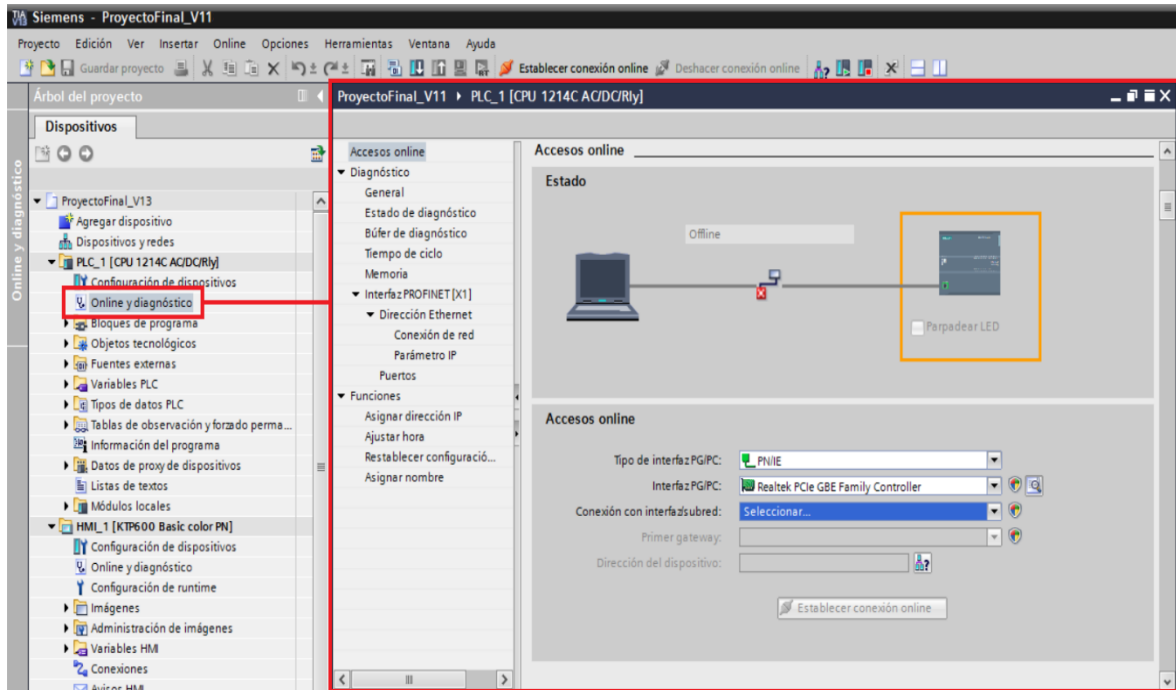
**Figura 64.- Step7 Professional - Configuración de Dispositivos**



Fuente: Autores

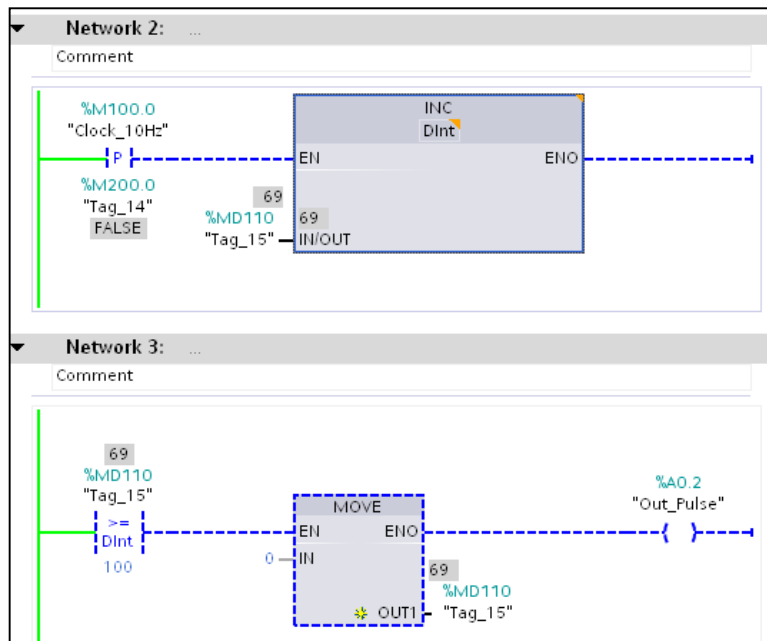
Las funciones online y diagnóstico permite monitorear que todos los módulos estén funcionando correctamente, además de poder arrancar, parar, realizar un mantenimiento y monitorear el estado de las variables y cumplimiento del software de programación del PLC.

Figura 65.- Step7- Online y Diagnostico



Fuente: Autores

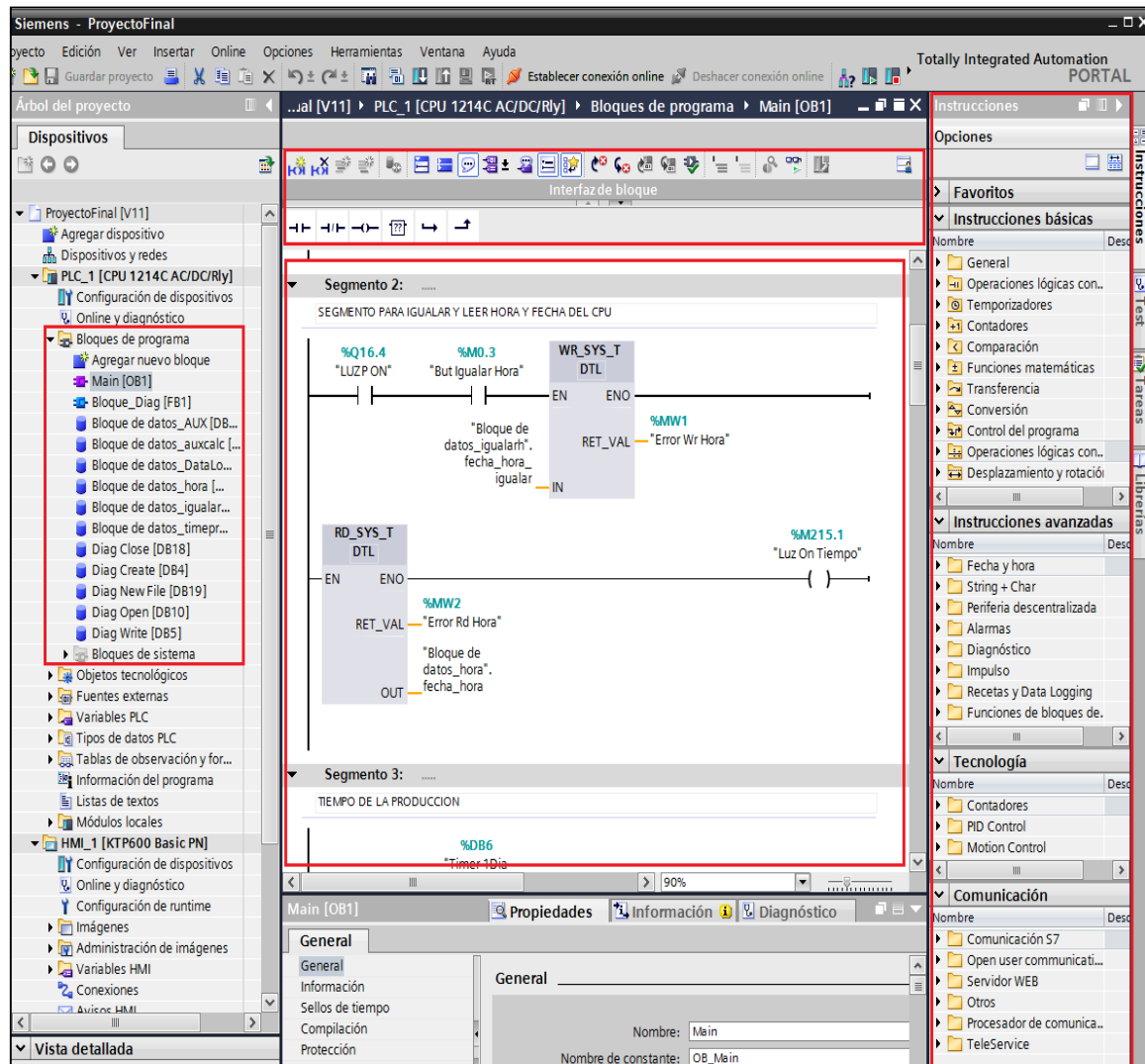
Figura 66.-Observación Online de la Programación



Fuente: Autores

Step7 Professional V11 ofrece un conjunto potente de programación, desde instrucciones básicas, avanzadas y de comunicación, hasta opciones de creación de bloques dedicados al almacenamiento de datos o a subrutinas o funciones pre programadas.

Figura 67.- Step7- Interfaz de Programación



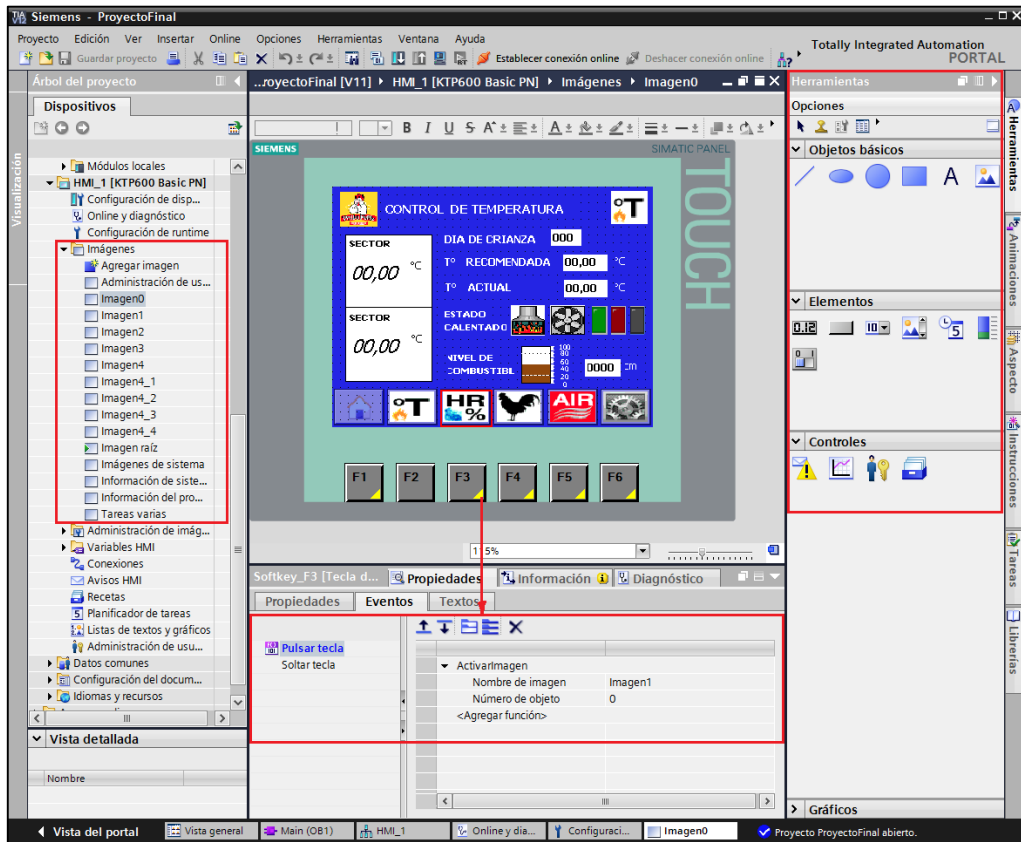
Fuente: Autores

### 3.6.5.2. WINCC Basic V11

El Módulo WinCC de Tia Portal V11, permite la programación de los Paneles Siemens HMI, cuenta con una gama de herramientas graficas entre los que destacan: Botones, Sliders, Visualizadores, Luces Piloto, Direccinamiento de Imágenes y configuración de Teclados.

La programación por imágenes facilita la organización de los procesos a visualizar, además de poder asignar a cada botón una imagen o función distinta.

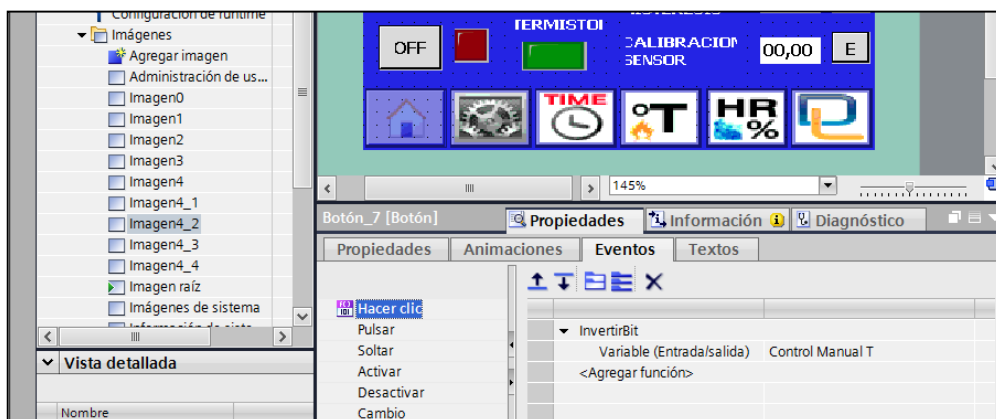
Figura 68.- Interfaz WinCC Professional y Asignación de Imágenes



Fuente: Autores

La configuración de elementos por Eventos, permite controlar el funcionamiento de botones, luces, indicadores o graficas al ser pulsados, por ejemplo, un botón se puede configurar como un switch o un pulsador dependiendo del evento que se seleccione para activar dicho elemento.

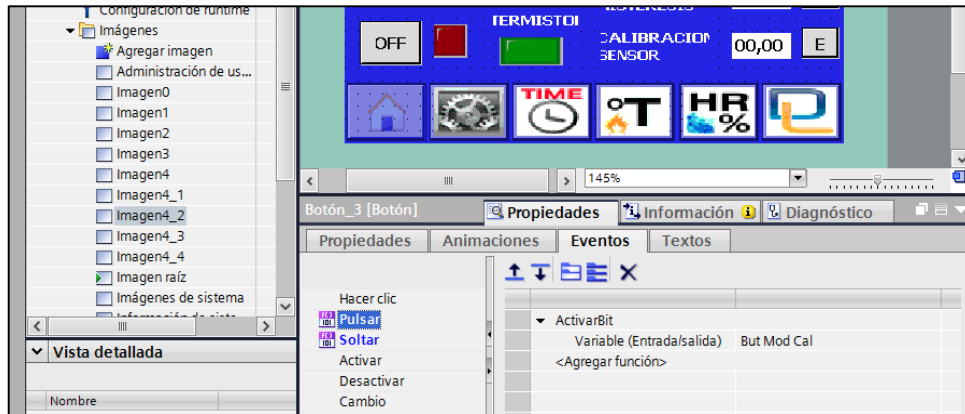
Figura 69.- Configuración Tipo Switch de un Botón HMI



Fuente: Autores

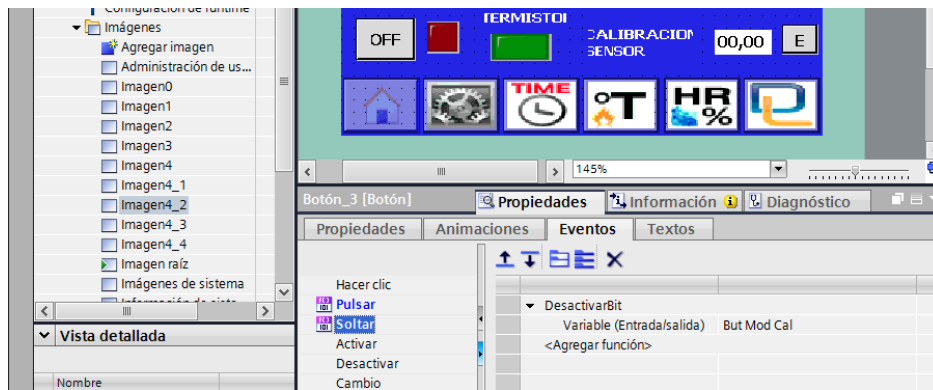


**Figura 70.-Configuración Tipo Pulsador de un Botón HMI Parte1**



Fuente: Autores

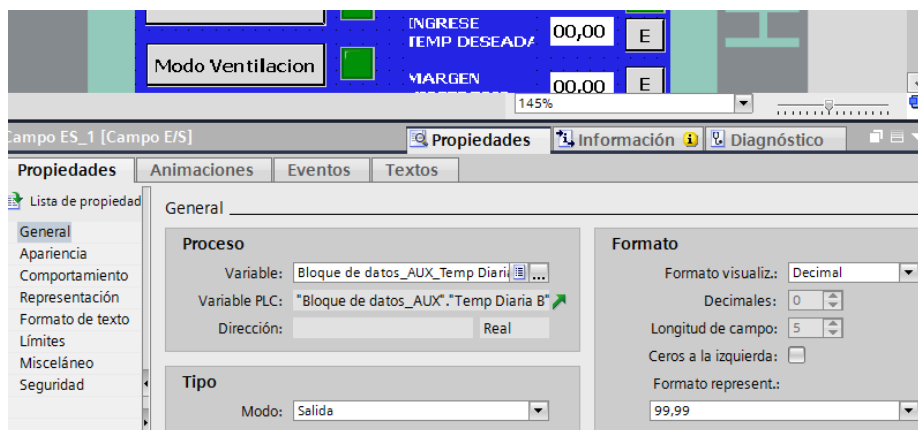
**Figura 71.-Configuración Tipo Pulsador de un Botón HMI Parte2**



Fuente: Autores

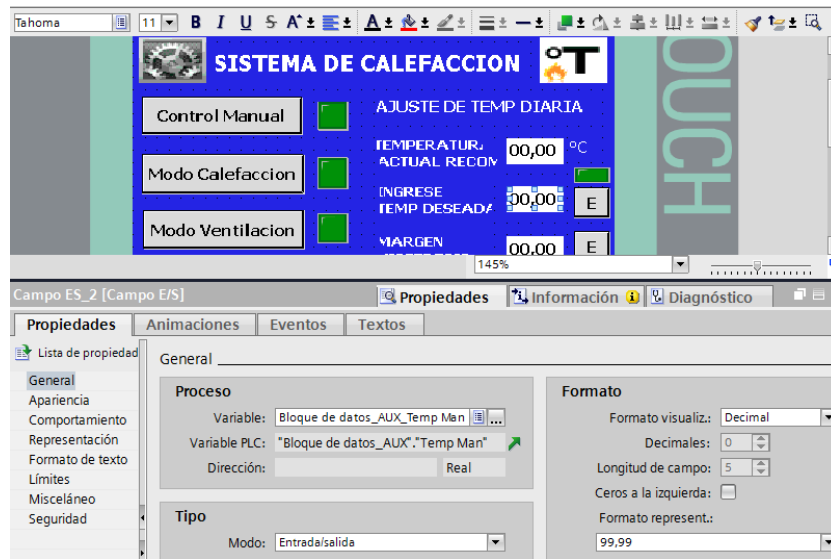
Los Campos de E/S nos permiten visualizar o cambiar variables del PLC, dependiendo de la configuración que se les dé como salida de datos, entrada de datos o las dos al mismo tiempo.

**Figura 72.-Configuración de Campos de E/S (Salida)**



Fuente: Autores

**Figura 73.-Configuración de Campos de E/S (Entrada y Salida)**



Fuente: Autores

### **3.6.6. PROGRAMACIÓN DEL PLC – TÍA PORTAL V11 STEP 7 PROFESSIONAL**

Para observar el programa de control diríjase al Anexo 1, en donde se explica detalladamente el encendido del sistema, calibración de sensores, ecuaciones y control de temperatura y humedad por histéresis, calidad de aire y almacenamiento de datos.

### **3.6.7. PROGRAMACIÓN DEL HMI – TÍA PORTAL V11 WINCC BASIC**

Para observar la programación por imágenes del Panel HMI KTP600 diríjase al Anexo 2, en donde se explica detalladamente los campos de Entrada/ Salida utilizados.

## **CAPÍTULO IV**

### **PRUEBAS Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO**

#### **4.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

Una vez instalado el sistema se comprobó individualmente el funcionamiento de cada componente dentro de la calefacción, humidificación, calidad de aire y tablero de control.

##### **4.1.1. SISTEMA DE CALEFACCIÓN**

Para la calefacción del galpón se analizó lo siguiente:

- Encendido manual mediante el uso del panel incorporado a la maquina
- Encendido desde el tablero de control mediante el uso de relays.
- Linealización del transmisor AOSONG AQ3010Y en comparación con los termómetros manuales del galpón y con el termistor.
- Funcionamiento del calefactor de acuerdo a los valores censados por el transmisor AOSONG AQ3010Y.
- Flujo de Diésel a travez de las tuberías de entrada y retorno de la maquina
- Funcionamiento del Termistor a diferentes escalas de temperatura
- Funcionamiento del Sensor de nivel con diferentes cantidades de líquido en el reservorio
- Funcionamiento del filtro de combustible a la salida del reservorio y entrada de la cámara de combustión.

##### **4.1.2. SISTEMA DE NEBULIZACIÓN**

Para el sistema de nebulizadores se comprobó:

- Correcto Funcionamiento en la válvula manual acoplada a la tubería principal, fugas y soporte de las tuberías de abastecimiento.
- Funcionamiento de la válvula de flotador en el reservorio.
- Funcionamiento del Filtro de Agua acoplado a la entrada de la tubería de la bomba.
- Comprobación del funcionamiento manual y mediante voltaje para las electroválvulas y válvulas manuales de distribución.
- Accionamiento de la bomba

- Comprobación de funcionamiento para cada uno de los nebulizadores y búsqueda de fugas en los acoples de los mismos y en las tuberías de distribución.

#### 4.1.3. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE

En este sistema se verifico que los sensores de monóxido, dióxido y amoniaco funcionen de acuerdo a las especificaciones dadas en los datasheet y en comparación con un medidor digital de los gases antes mencionados.

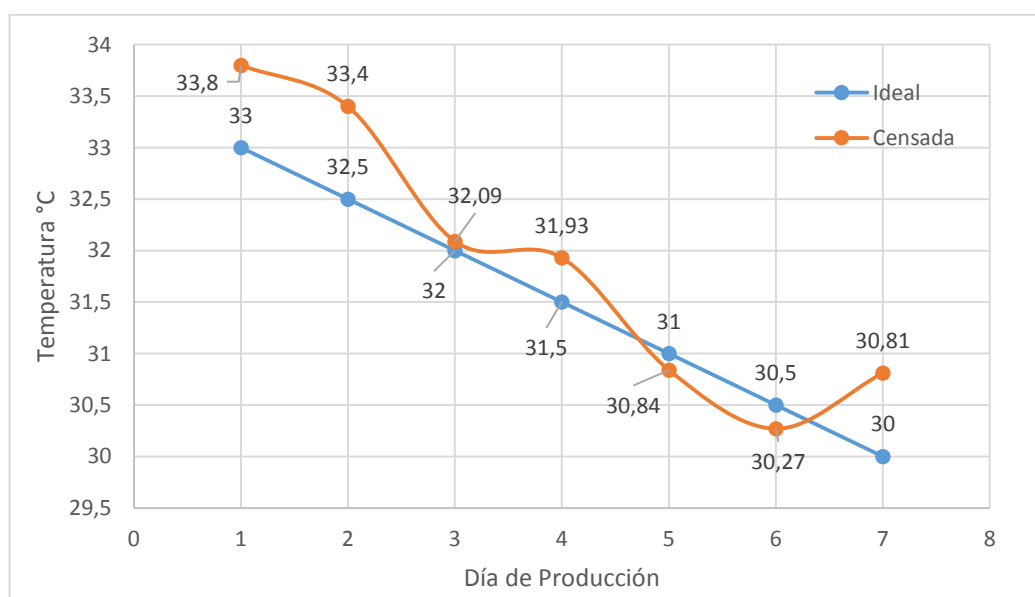
## 4.2. ADQUISICIÓN DE DATOS

Para el registro de datos se utilizó la función Datalog del PLC S7-1200, la cual se configuro para grabar datos de temperatura, humedad, encendido de calefacción, ventilación, y nebulización, cada 15 minutos durante todo el proceso productivo. El consumo de combustible se determinó mediante registro de datos escrito por parte del administrador del galpón.

### 4.2.1. REGISTROS DE TEMPERATURA

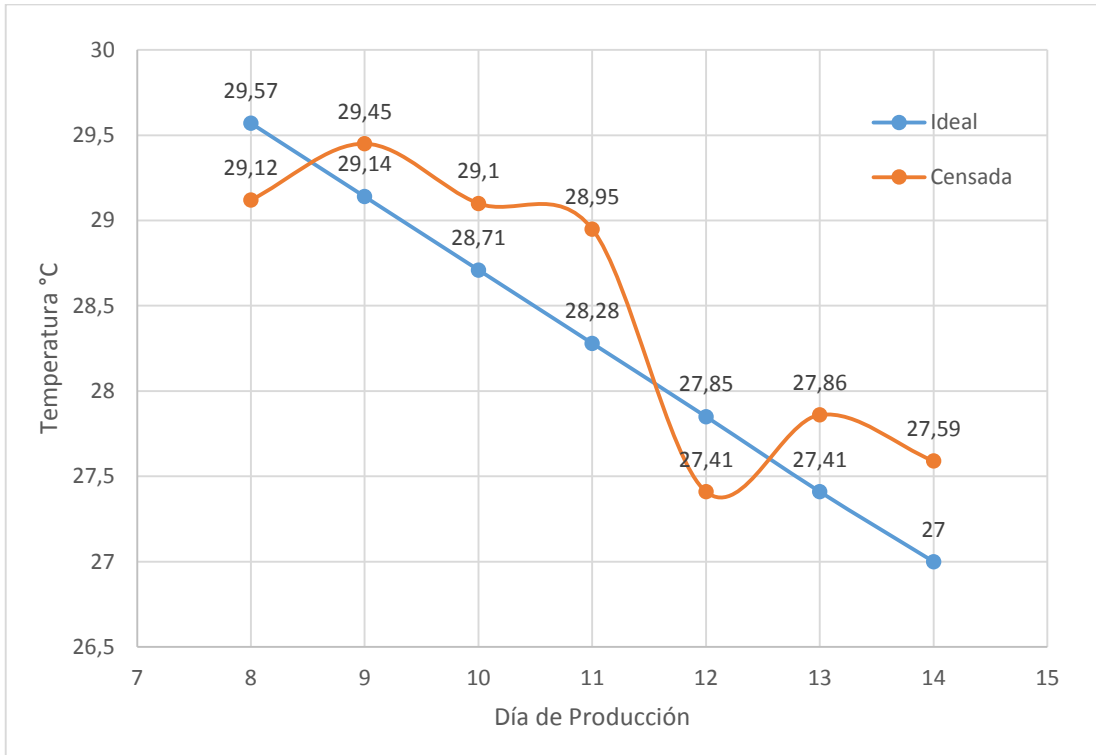
El sensor AOSONG AQ3010Y detecto que la temperatura se mantuvo estable dentro del rango programado inicialmente obteniendo los siguientes valores promedio durante las 5 semanas de producción.

**Figura 74.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 1 de Crianza**



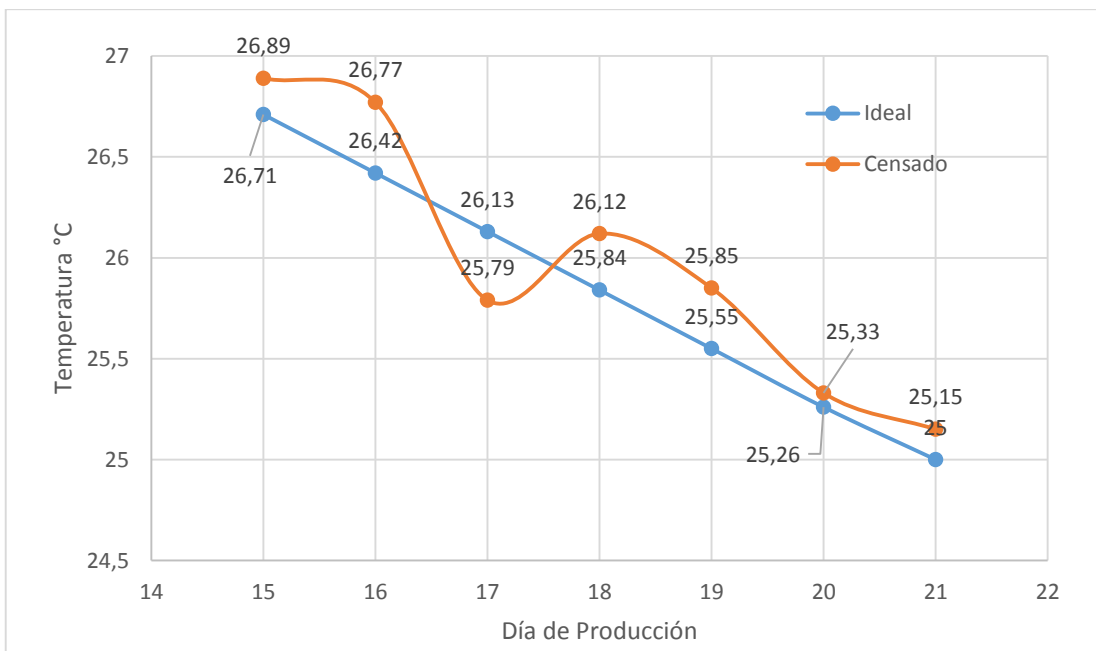
Fuente: Autores

**Figura 75.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 2 de Crianza**



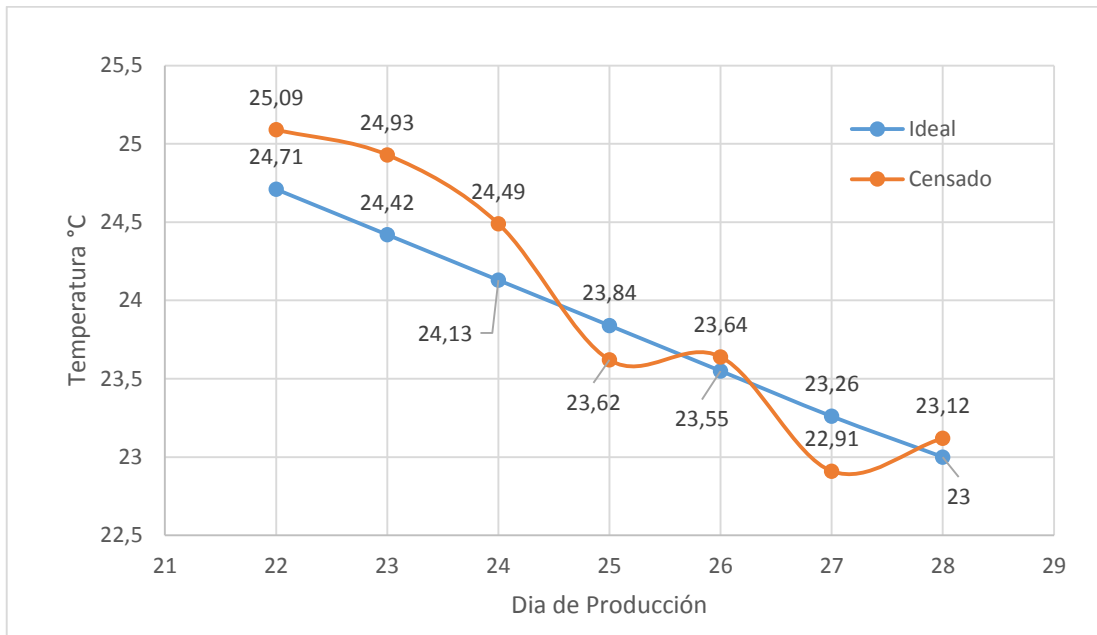
Fuente: Autores

**Figura 76.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 3 de Crianza**



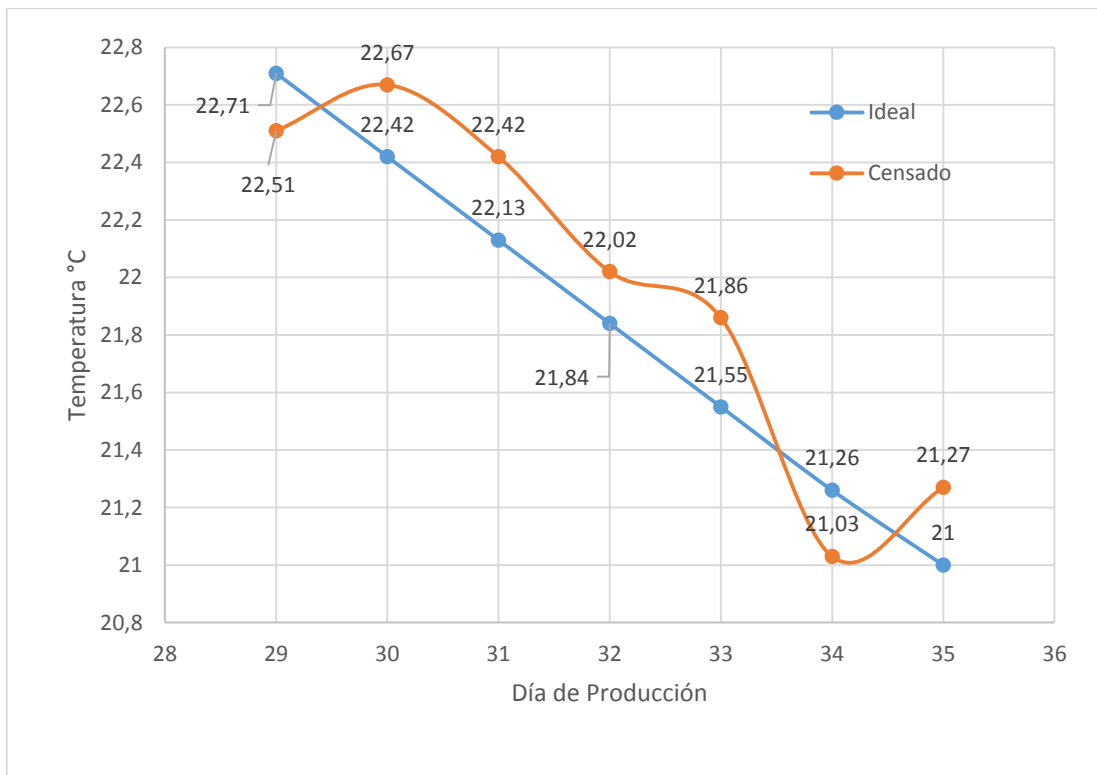
Fuente: Autores

**Figura 77.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 4 de Crianza**



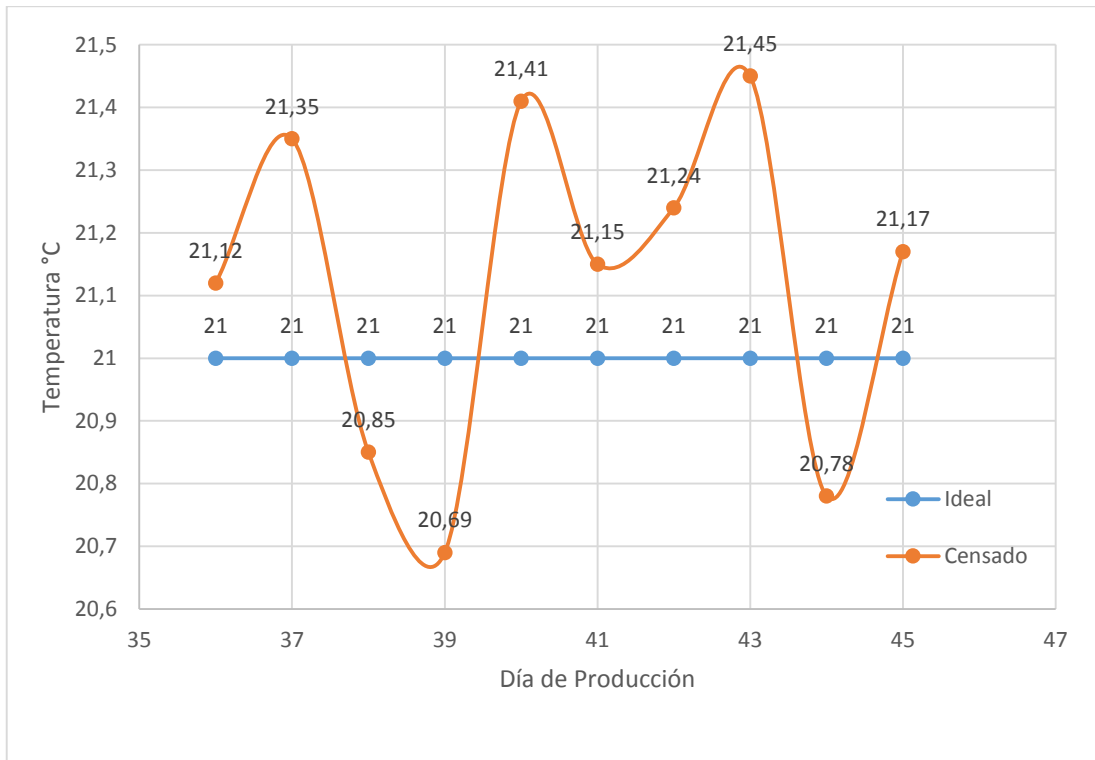
Fuente: Autores

**Figura 78.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 5 de Crianza**



Fuente: Autores

**Figura 79.-Temperaturas Ideal y Censada - Semana 6 y 7 de Crianza**



Fuente: Autores

Para determinar el margen de error en el control de la temperatura, obtenemos la varianza entre las temperaturas censadas e ideales durante los 45 días.

#### **Ecuación 39.-Varianza Estadística**

$$\text{Varianza } \sigma^2 = \frac{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}{n} = \frac{\sum(y_{\text{censad}} - y_{\text{ideal}})^2}{45 \text{ días}} = 0,1431$$

Fuente: Myers, R. (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. México: Pearson Education.

Una vez determinada la varianza de la curva calculamos la desviación estándar

#### **Ecuación 40.-Desviación Estándar**

$$\text{Desviación Estandar } \sigma = \sqrt{\text{Varianza } \sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum(y_{\text{censad}} - y_{\text{ideal}})^2}{45 \text{ días}}} = 0,378$$

Fuente: Myers, R. (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. México: Pearson Education.

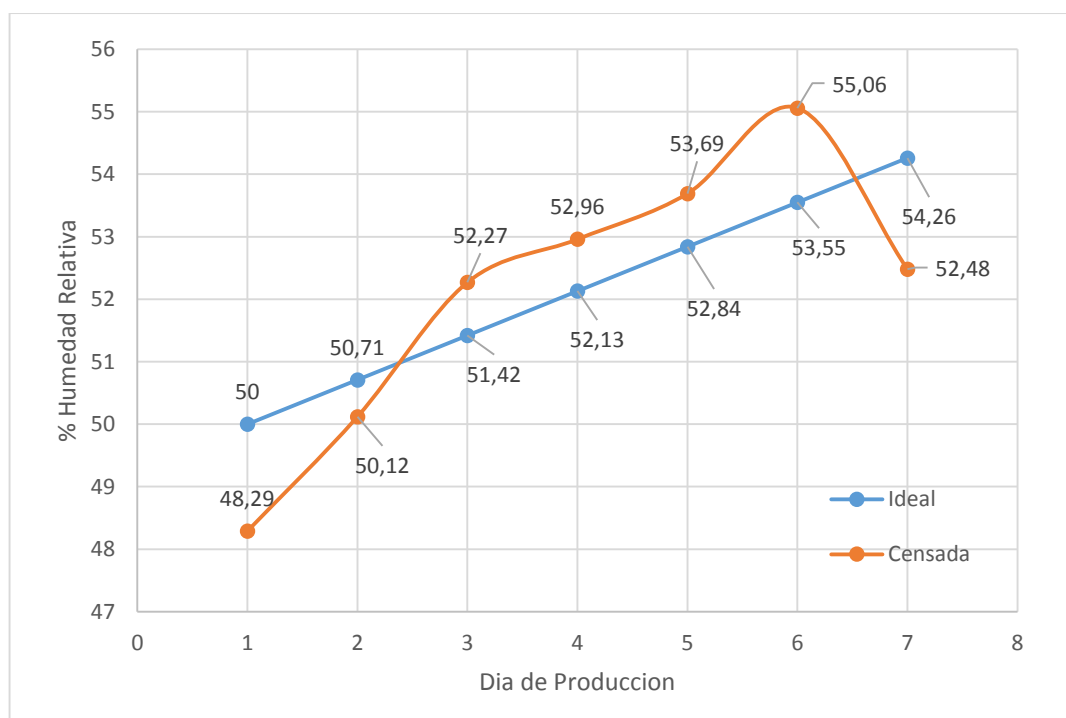
La desviación estándar representa un margen de error en el control de la temperatura de más menos 0.378 °C, esta variación podría corresponder a datos que se registraron durante cambios importantes dentro del galpón, es decir, ventilación por cortinas en días soleados o muy fríos, datos registrados mientras estaba activa la nebulización o la simple acción del controlador por histéresis.

Dicho margen se encuentra dentro de los rangos permisibles dentro de la crianza avícola y representa la eficiencia del sistema.

#### 4.2.2. REGISTROS DE HUMEDAD

En base a la humedad promedio registrada por día, se generan las siguientes gráficas según las semanas de crianza avícola.

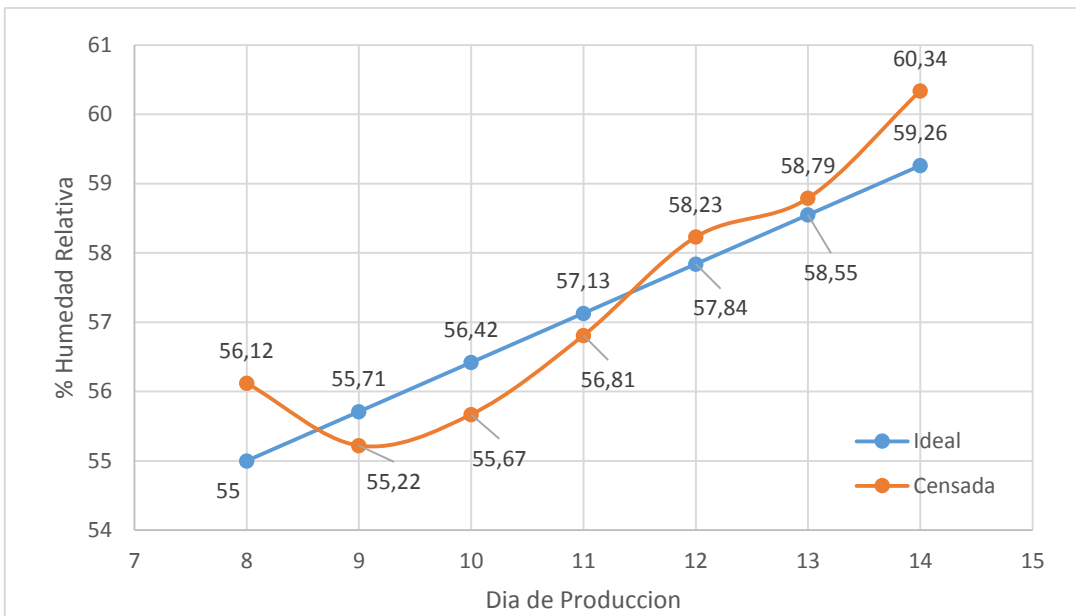
**Figura 80.- Humedad Ideal y Censada - Semana 1 de Crianza**



Fuente: Autores

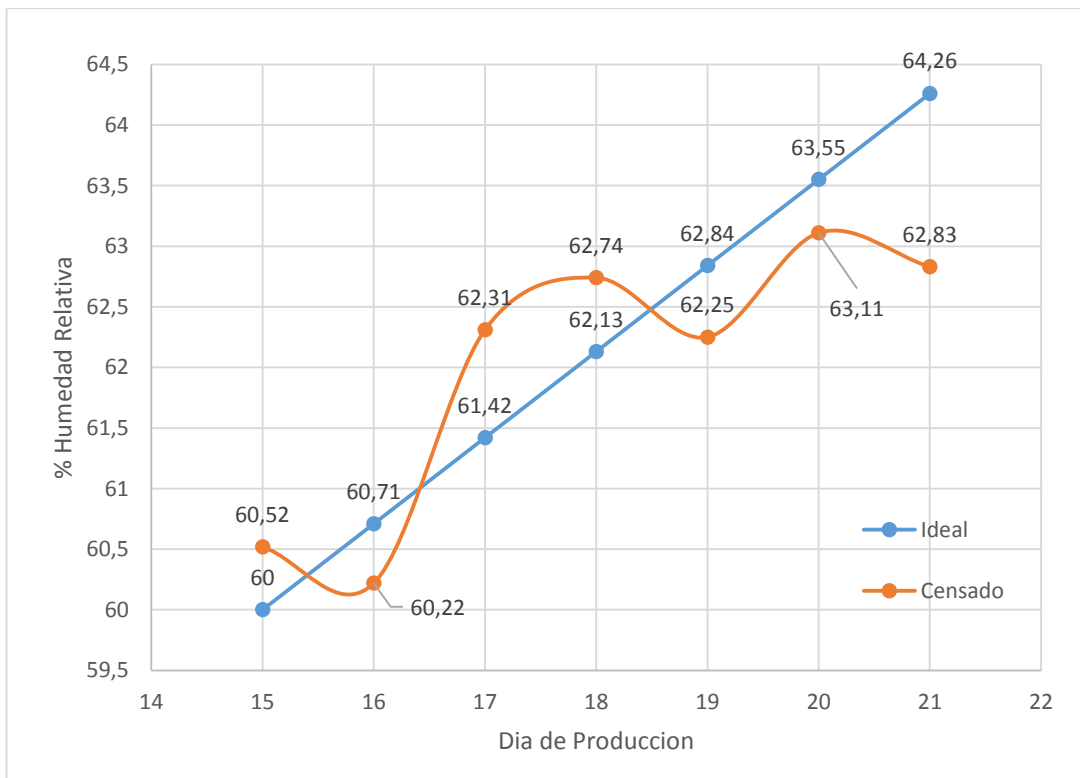


**Figura 81.- Humedad Ideal y Censada - Semana 2 de Crianza**



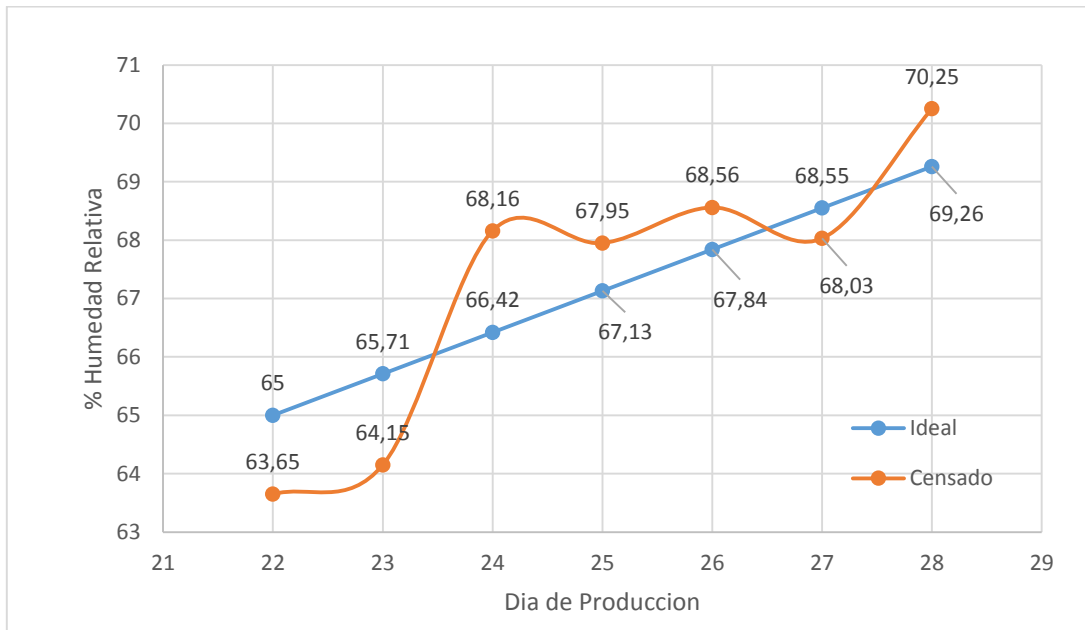
Fuente: Autores

**Figura 82.- Humedad Ideal y Censada - Semana 3 de Crianza**



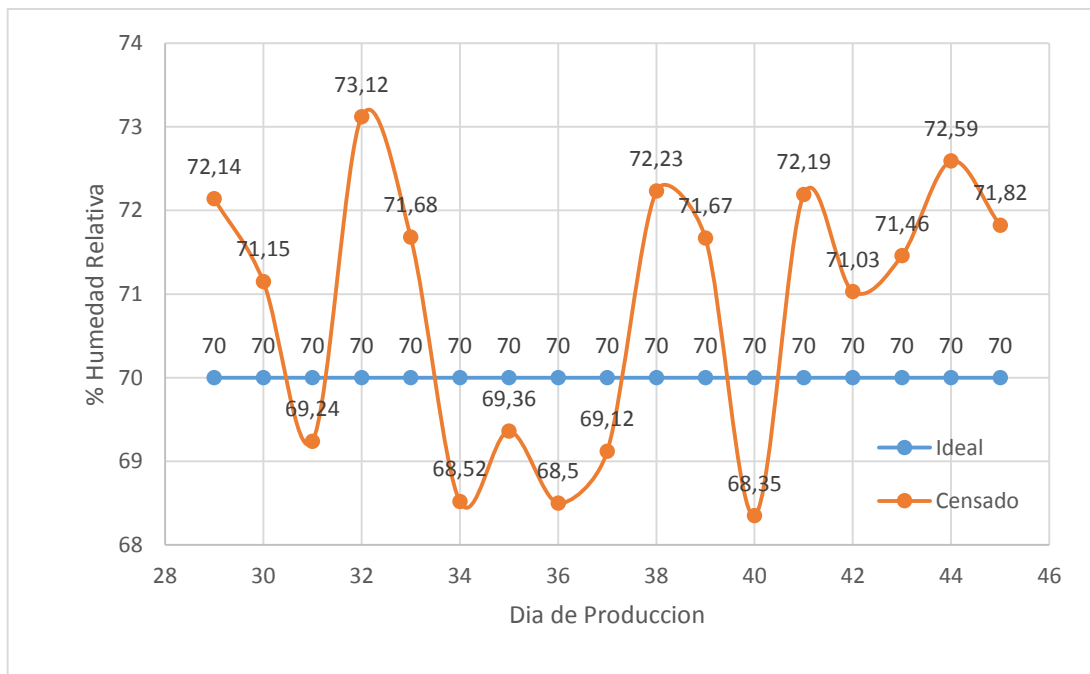
Fuente: Autores

**Figura 83.- Temperaturas Ideal y Censada - Semana 4 de Crianza**



Fuente: Autores

**Figura 84.- Humedad Ideal y Censada - Semana 5,6 y 7 de Crianza**



Fuente: Autores

De las gráficas se concluye que el margen de error en cuanto al control de humedad es de 1.811 %HR, aplicando el concepto de varianza y desviación estándar, tal como se explicó

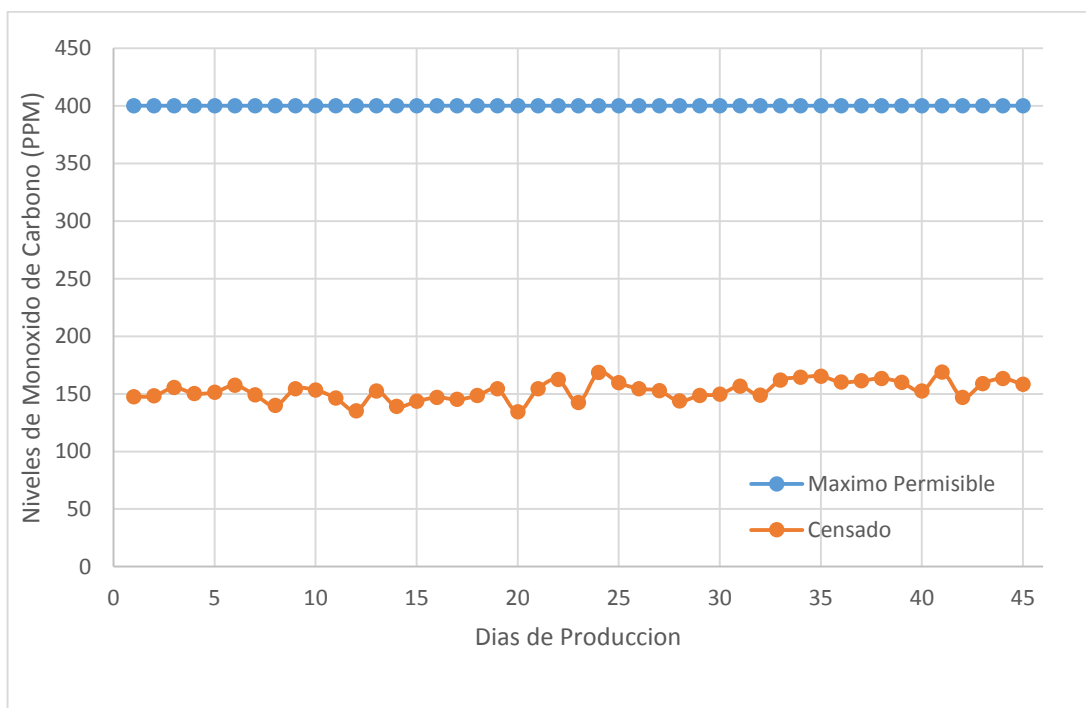
en el capítulo 4.2.1. Dicho margen corresponde a que el control de humedad funciona cada 20 minutos, para no interferir con el proceso de calefacción, el cual interfiere directamente secando el ambiente cuando el calefactor entra en modo de calefacción, incrementando la humedad relativa dentro del galpón.

### 4.2.3. REGISTROS DE CALIDAD DE AIRE

#### 4.2.3.1. Concentración de Monóxido de Carbono

El sensor de monóxido de carbono no detecto mayor variación en la concentración mínima permisible, arrojando los siguientes datos:

**Figura 85.- Concentración de Monóxido de Carbono durante la Producción**



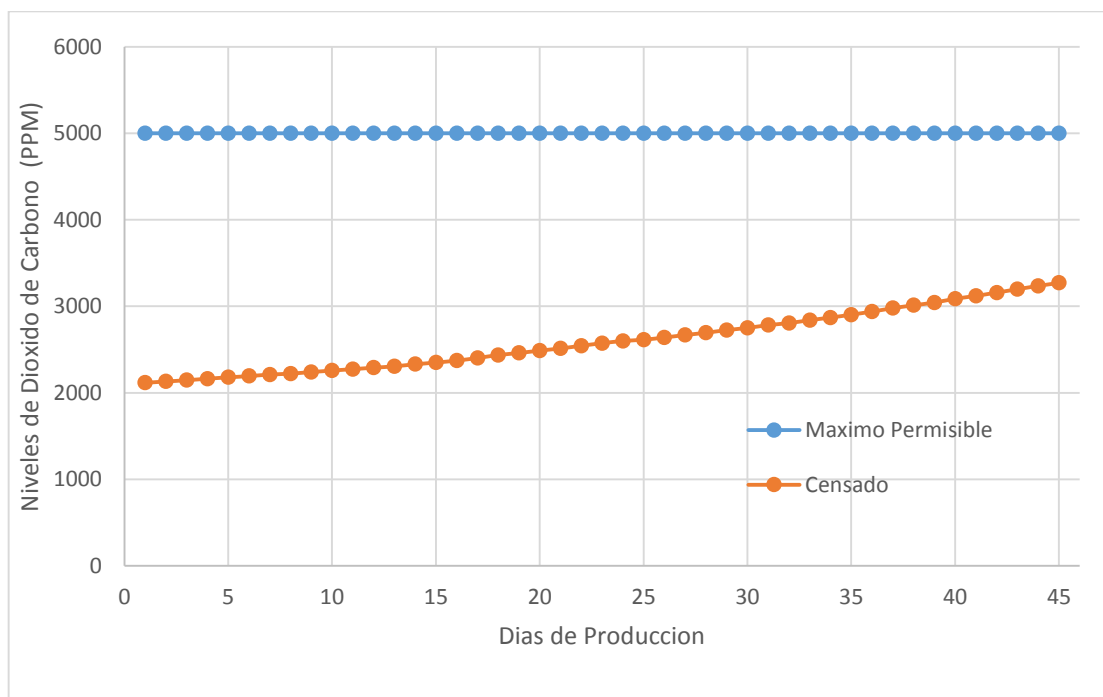
Fuente: Autores

Lo que demuestra que no hubo ninguna falla en el proceso de combustión del diésel, los puntos más altos podrían deberse a corrientes de aire en el exterior que intervinieron en el desfogue de la chimenea del calefactor haciendo que algunos residuos de humo reingresen por el ventilador.

#### 4.2.3.2. Concentración de Dióxido de Carbono

El sensor MG811 detecto los siguientes datos para cada día de la producción.

**Figura 86.-Concentración de Dióxido de Carbono durante la Producción**



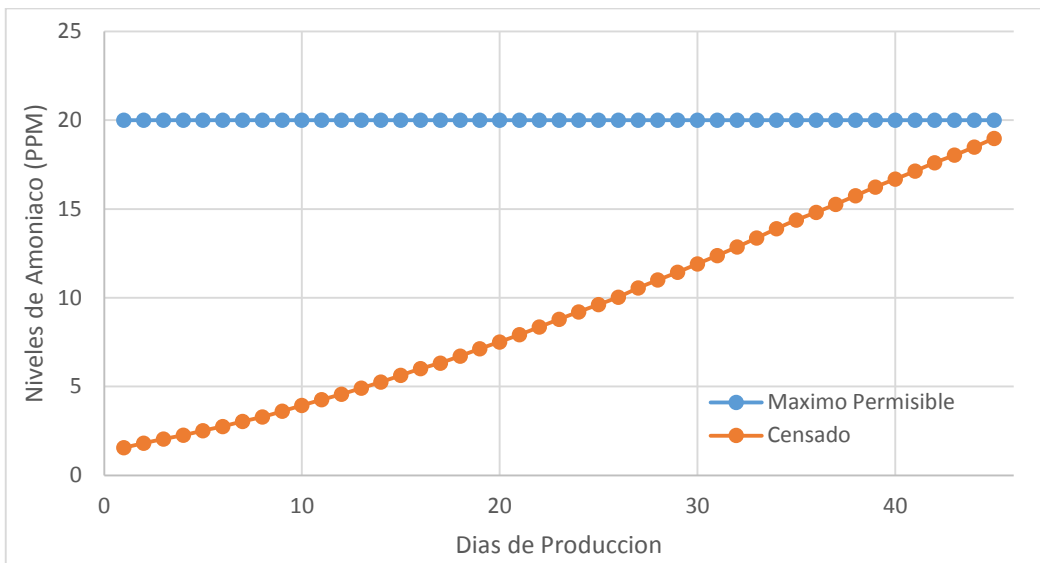
Fuente: Autores

De la gráfica podemos afirmar que la concentración de dióxido de carbono fue creciendo exponencialmente en un promedio de 32 a 41 ppm por día, debido principalmente a la respiración aviar la cual es mayor conforme avanza el proceso productivo. Sin embargo las mediciones demostraron que nunca se superó el límite permitido, en consecuencia no se tuvo ningún problema de salud asociado a este gas.

#### 4.2.3.3. Concentración de Amoníaco

El sensor MQ137 detecto un crecimiento exponencial de amoníaco en la caseta de producción. Este cambio se debe principalmente al incremento de gallinaza en la cama, con lo que se obtuvo un crecimiento de 0.25 a 0.49 PPM por día, superando los 12 PPM al día 30 y siendo perceptible por el olfato humano. La concentración máxima censada nunca supero el límite permisible, por lo que no se detectó problemas sanitarios relacionados con este gas.

**Figura 87.- Concentración de Amoniaco durante la Producción**

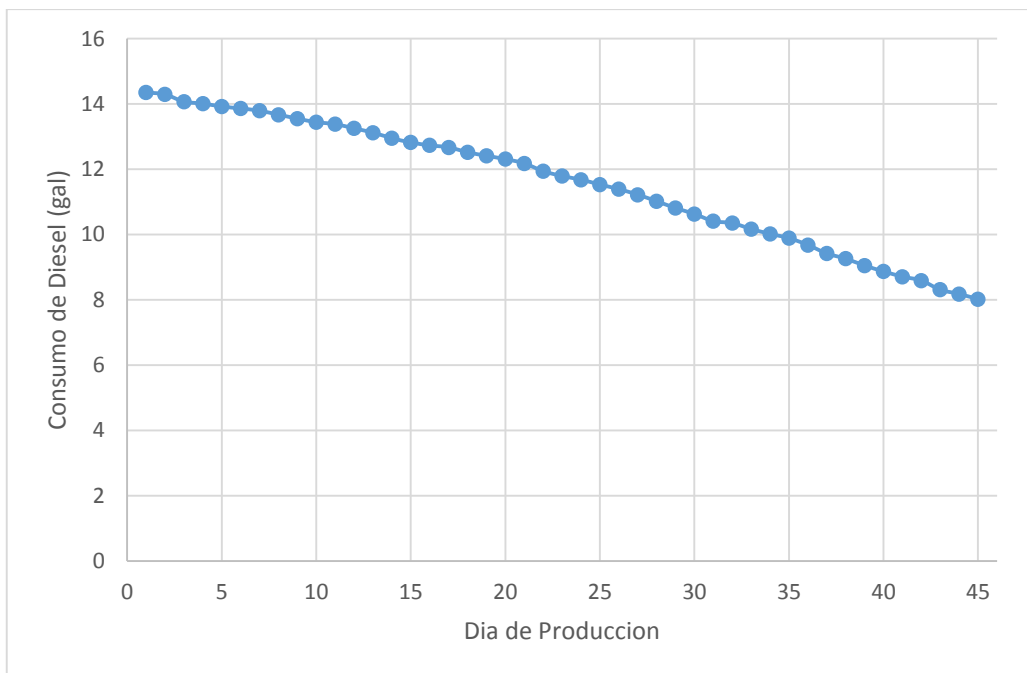


Fuente: Autores

#### 4.2.4. CONSUMO DE DIÉSEL

El consumo de diésel se calculó en base a la medición diaria que detecto el sensor de nivel de diésel, en coordinación con el registro de repostaje de diésel por parte del administrador del galpón, obteniendo la siguiente gráfica.

**Figura 88.- Consumo de Diésel Diario Biemmedue Farm 90**



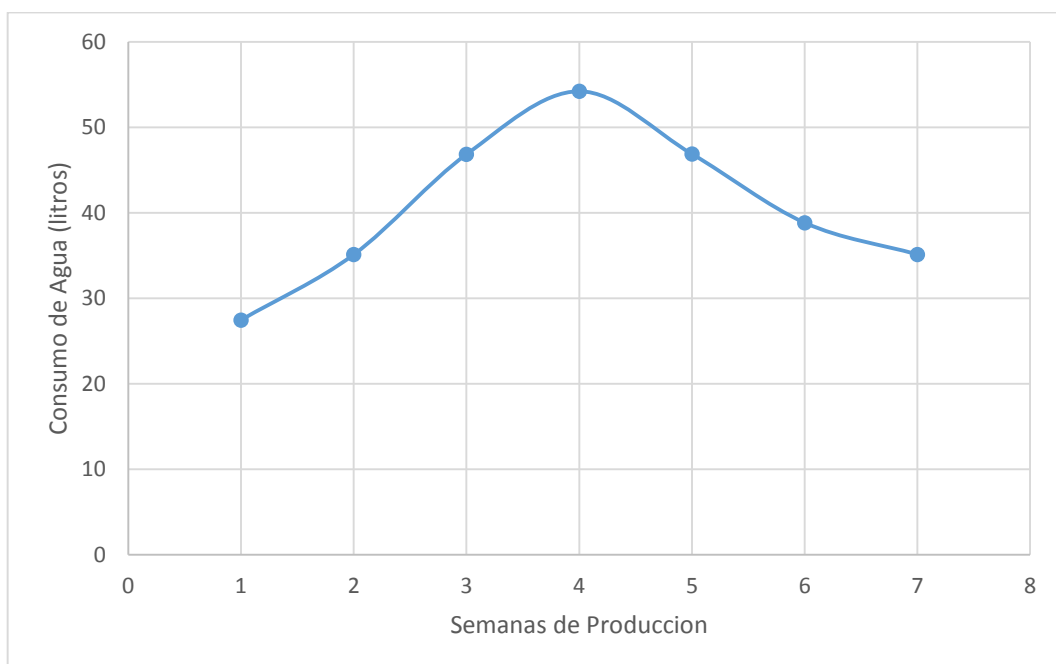
Fuente: Autores

Se obtuvo un consumo de 14 a 8 galones promedio por día, el consumo va decreciendo conforme avanza la producción debido a que la temperatura requerida va disminuyendo, por ende el calefactor disminuye su ritmo de consumo en aproximadamente 0.21 galones por día. Al final de la producción se registró un consumo de 520.23 galones, con un residuo de 5 galones en el reservorio.

#### 4.2.5. CONSUMO DE AGUA

El consumo de agua se midió los primeros días de cada semana en colaboración con el galponero. Con el tanque lleno, se cerró la válvula principal para evitar el llenado automático del tanque, con lo que se obtuvo el consumo diario, como la variación de humedad es baja se consideró este dato como semanal y se generó la siguiente gráfica.

**Figura 89.- Consumo de Agua para el Sistema de Nebulizadores**



Fuente: Autores

Donde se observó que el consumo se incrementa hasta la mitad del periodo de producción y luego empieza a disminuir para las últimas semanas debido a que el ambiente incrementa la humedad y por ende disminuye la nebulización de la caseta. Se concluye que el consumo aproximado es de 27 a 35 litros diarios, y el consumo total de 1991.64 litros.

### 4.3. ANÁLISIS DEL COSTO DEL PROYECTO

Al momento de implementar un sistema automatizado, es de vital importancia realizar un análisis de los costos que intervienen en la ejecución del mismo, cabe diferenciar los costos de un sistema manual y de un sistema automático y sus beneficios a futuro.

#### 4.3.1. COSTOS DIRECTOS

Son los que intervienen directamente en el proceso de fabricación.

**Tabla 20.- Costos Directos de Fabricación**

DETALLE	Valor U. (USD)	Cantidad	Valor Total (USD)
PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C	509,4432	1	509,4432
MODULO SALIDAS DIGITALES SM1222	143,0016	1	143,0016
PANTALLA TOUCH HMI KTP600	1172,1	1	1172,1
FUENTE DE PODER LOGO	83,26	1	83,26
CALENTADOR FARM 90	5500	1	5500
CAJA O TABLERO ELÉCTRICO 40x30	35	1	35
CABLE DE TIMBRE (ROLLO 100m)	15	1	15
CORTE CAJA PARA TOUCH + LEDS	1	1	1
RIEL STANDARD 1M X 35MM	3,5	1	3,5
LUZ PILOTO 22MM 24V	3,7968	3	11,3904
BORNERA CON TAPA 12 PINES	4,9107	1	4,9107
BASE RELÉS 14 PINES	2,6786	4	10,7144
RELÉ MY4-24VDC 14 PINES	6,1607	4	24,6428
BORNERA PARA RIEL	0,9822	2	1,9644
BORNERA TIERRA	3,5714	1	3,5714
TERMINAL PIN ROJO	0,02	20	0,4
AGARRADERA PIE DE AMIGO 4X5	0,15	4	0,6
NEBULIZADORES	3,9	44	171,6
BOMBA DE AGUA	240	1	240
TUBO PVC 1/2	15	8	120
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	90	1	90
ELECTROVÁLVULAS	24	2	48
VÁLVULA BOLA	7	1	7
MANGUERA	0,42	75	31,5
TORNILLO COLEPATO 1X6	0,08	12	0,96
TACOS FISHER #5	0,03	12	0,36
TORNILLO PARA ESTUFA	0,01	4	0,04
BROCA COBALTO 5/32	2,12	1	2,12
BROCA CONCRETO 3/16	0,18	1	0,18

DETALLE	Valor U. (USD)	Cantidad	Valor Total (USD)
TORNILLOS SUJECIÓN CAJA	0,2	2	0,4
TACOS FISHER #8	0,05	2	0,1
BROCA COBALTO TORNILLO SUJECIÓN	3,6	1	3,6
CABLE FLEXIBLE #12 TFF	0,5982	38	22,7316
		<b>TOTAL</b>	<b>8259,0905</b>

Fuente: Autores

#### 4.3.2. COSTOS INDIRECTOS

Son aquellos que no pueden identificarse con la producción, pero constituyen un costo aplicable a la producción en general.

Tabla 21.- Costos Indirectos de Fabricación

DETALLE	Valor Unitario (USD)	Cantidad	Valor Total (USD)
INTERNET	0,6	100	60
MATERIAL DE OFICINA	20	1	20
IMPRESIONES	0,1	500	50
GASTOS VARIOS	200	1	200
		<b>TOTAL</b>	<b>330</b>

Fuente: Autores

#### 4.3.3. COSTO TOTAL

Es la suma de los costos directos e indirectos.

Tabla 22.- Costo Total del Proyecto

DETALLE	Valor Total (USD)
COSTOS DIRECTOS	8226,6305
COSTOS INDIRECTOS	330
<b>TOTAL</b>	<b>8556,6305</b>

Fuente: Autores

#### 4.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El análisis costo beneficio nos permite determinar la conveniencia del proyecto mediante la enumeración y valoración en términos monetarios de todos los costos que intervienen en la realización.



#### 4.4.1. ANÁLISIS SISTEMA MANUAL

El proceso de producción tiene un periodo de 47 días para obtener un peso entre 5.5 y 6 libras, adicionalmente tenemos un índice de mortalidad del 10%.

**Tabla 23.- Costos de Mano de Obra Sistema Manual**

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>			
DETALLE	NUMERO	SUELDO	TOTAL MES
GALPONERO	2	500	1000

Fuente: Autores

**Tabla 24.- Costo de Producción Sistema Manual**

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
<b>MATERIA PRIMA Y MATERIALES DIRECTOS</b>			
DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
POLLOS BEBE	18000	0,52	9360
COMIDA DESARROLLO	925	25	23125
COMIDA CRECIMIENTO	975	25	24375
VACUNAS	1	2000	2000
<b>TOTAL</b>		<b>58860</b>	

Fuente: Autores

**Tabla 25.- Materia Prima y Materiales Indirectos Sistema Manual**

<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
<b>MATERIA PRIMA Y MATERIALES INDIRECTOS</b>			
DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
GAS INDUSTRIAL	55	20	1100
CASCARRILLA DE ARROZ	1	300	300
AGUA	1	38,88	38,88
LUZ	1	38,88	38,88
<b>TOTAL</b>			<b>1477.76</b>

Fuente: Autores

Dando un total de Egresos = \$61337.76

#### 4.4.2. ANÁLISIS SISTEMA AUTOMÁTICO

El proceso de producción tiene un periodo de 46 días para obtener un peso entre 5.5 y 6 libras, adicionalmente tenemos un índice de mortalidad del 9%.

**Tabla 26.- Costo por Mano de Obra Sistema Automático**

COSTO DE PRODUCCIÓN			
MANO DE OBRA DIRECTA			
DETALLE	NUMERO	SUELDO	TOTAL MES
GALPONERO	1	500	500

Fuente: Autores

**Tabla 27.- Costos de Materia Prima y Materiales Directos Sistema Automático**

COSTO DE PRODUCCIÓN			
MATERIA PRIMA Y MATERIALES DIRECTOS			
DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
POLLOS BEBE	18000	0,52	9360
COMIDA DESARROLLO	925	25	23125
COMIDA CRECIMIENTO	935	25	23375
VACUNAS	1	2000	2000
TOTAL		57860	

Fuente: Autores

**Tabla 28.- Costos Materia Prima y Materiales Indirectos**

COSTO DE PRODUCCIÓN			
MATERIA PRIMA Y MATERIALES INDIRECTOS			
DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
COMBUSTIBLE DIESEL	525	1,04	546
TRANSPORTE COMBUSTIBLE	3	10	30
CASCARRILLA DE ARROZ	1	300	300
AGUA	1	38,88	38,88
LUZ	1	38,88	38,88
TOTAL			953,76

Fuente: Autores

Dando un total de Egresos = \$59313,76

## 4.5. PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL PROYECTO

Para ello, se determina el tiempo que se tardará en recuperar la inversión del proyecto.

Al realizar un análisis de ganancias del sistema manual y del sistema automatizado se detalla las diferentes ganancias con cada sistema.

### 4.5.1. SISTEMA MANUAL

Se tiene que de gastos de producción es de **\$61337.76**, se tiene un índice de mortalidad del 10%, es decir, el galpón tiene una capacidad para 18000 pollos, con este índice de mortalidad tendremos 16200 aves.

Entonces:

Unidades Ingreso=18000

Mortalidad (10%)=1800

Unidades Salida = Unidades Ingreso - Mortalidad (10%)

Unidades Salida= 18000 -1800

Unidades Salida = 16200

La granja “La Esperanza” entrega los pollos a la corporación AVITALSA en donde su costo por libra es de \$0.75, los pollos salen con un promedio de 5.5 libras

Cantidad de Pollos = 16200 unidades

Cantidad de libras de pollos = 89100 libras

Costo de libra de pollo = \$0.75

Total de Ventas =\$66825

Total Gastos = \$61337.76

GANANCIA =Total de Ventas - Total Gastos

GANANCIA = 5487.24

### 4.5.2. SISTEMA AUTOMÁTICO

Se tiene que de gastos de producción es de **\$59313,76** tiene un índice de mortalidad del 9%, es decir, el galpón tiene una capacidad para 18000 pollos, con este índice de mortalidad tendremos 16380 aves.

Entonces:

Unidades Ingreso=18000

Mortalidad (9%)=1620

Unidades Salida = Unidades Ingreso - Mortalidad (9%)

Unidades Salida = 18000 - 1620

Unidades Salida= 16380

La granja “La Esperanza” entrega los pollos a la corporación AVITALZA en donde su costo por libra es de \$0.60, los pollos salen con un promedio de 5.5 libras

Cantidad de Pollos = 16380 unidades

Cantidad de libras de pollos = 90090 libras

Costo de libra de pollo = \$0.75

Total de Ventas =\$67567.5

Total Gastos = \$59313,76

GANANCIA =Total de Ventas - Total Gastos

GANANCIA = \$8253,74

**Tabla 29.-Diferencia Económica Sistema Manual vs Sistema Automático**

DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL (USD)
SISTEMA MANUAL	\$5487.24
SISTEMA AUTOMÁTICO	\$8253.74
<b>DIFERENCIA</b>	<b>\$2766.50</b>

Fuente: Autores

Como se puede ver en el análisis en cada camada de 45 días se tiene una ganancia de \$1766.50 dólares entonces el tiempo de recuperación de la inversión es de \$8556,6305.

Es decir:

**Tabla 30.- Relación Cantidad de Producciones vs Ganancia**

PROCESO DE CAMADA	GANANCIA
1	2766.50
X=?	8556,6305.

Fuente: Autores

$$X = \frac{8556,6305 \times 1}{2766.50}$$

$$X = 3.09 \text{ CAMADAS}$$

Se estima que la inversión será recuperada en 3 camadas.

#### 4.5.3. COMPARACIÓN DE LOS BENEFICIOS EN BASE A LOS COSTOS

La automatización del galpón consiste en mantener controlado el ambiente dentro del galpón.

**Tabla 31.- Beneficios obtenidos con el Proyecto**

<b>COSTOS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>BENEFICIO</b>	<b>TOTAL</b>
Costo implementación. (Anexo 1)	\$8556,6305	Disminución del índice de mortalidad. (9%)	\$766,50
Mantenimiento eléctrico y electrónico	\$250	Producción en menor tiempo. (46 DIAS)	\$1000
		Reducción de costos de calefacción	\$500
		Reducción de mano de obra	\$500
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$8806.63</b>	<b>BENEFICIOS TOTALES</b>	<b>\$2766,50</b>

Fuente: Autores

Podemos demostrar mediante el análisis costo-beneficio que el proyecto al ejecutarse beneficiara en gran magnitud económicamente, a su vez se recuperará la inversión en un periodo de tiempo muy corto.

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROYECTO

### 5.1. CONCLUSIONES

- La automatización de procesos, conlleva una gran inversión económica, pero a la vez reduce enormemente los costos y tiempos de producción, lleva un control más preciso de las actividades desempeñadas por el ser humano, agiliza el proceso y garantiza un producto de mayor calidad.
- Los costos por combustible en la Granja “La Esperanza” han disminuido aproximadamente a un tercio, con la implementación de este proyecto, lo que demuestra la eficiencia del Generador de Aire Biomedue Farm 90 junto con el control ON/OFF por histéresis proporcionado por el PLC, evitando así las pérdidas de energía y combustible que solían haber cuando la maquina se controlaba manualmente.
- El Sistema de Micro Nebulización es un pilar importante en la regulación de humedad dentro del galpón, ya que debido a la naturaleza del calentador Biomedue Farm 90, la humedad se encuentra disminuyendo constantemente mediante el ingreso de aire caliente.
- El uso de transductores en las variables a controlar garantizan una medición lineal sin necesidad de realizar mayor programación en el PLC, así como también permiten tener una mayor distancia desde el controlador hasta el sensor sin que se produzcan caídas de tensión importantes que afecten el censado de variables.
- Los resultados del proyecto fueron satisfactorios, el índice de mortalidad bajo del 10%, con el sistema manual a un 9% con el sistema automático, equivalente a un incremento de 180 aves en la producción. Igualmente el tiempo de producción se redujo de 47 a 46 días, lo que se traduce en ahorros de comida, agua y combustible.

- La inversión del proyecto es fácilmente recuperable, debido al incremento de ganancias en base a los beneficios antes descritos, el análisis económico demostró que la inversión es recuperable en 3 camadas, aproximadamente 5 meses.
- El software TIA PORTAL ha sido de gran utilidad en la realización del proyecto, sus módulos de programación Step 7 para el PLC y WinCC para el HMI unidos en una sola interfaz han facilitado en gran medida la comunicación entre ambas partes así como la programación del panel táctil en cuanto a asignación de variables requeridas desde el controlador.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Para la manipulación del sistema de control se aconseja previamente realizar una capacitación del personal de la granja mediante el uso del manual de usuario y mantenimiento adjunto en los anexos, para evitar cualquier daño en el sistema o en la integridad del usuario.
- Se recomienda a las industrias automatizar sus procesos productivos, ya que esto garantiza que el producto mejore sus características, se obtenga en un menor tiempo y se reduzca el costo de mano de obra, con lo cual se puede recuperar fácilmente la inversión inicial.
- Dentro de la automatización de procesos en industrias de mediana y gran escala, se aconseja utilizar equipos de última generación y en lo posible que sean de una marca destacada. Ya que estos facilitan el trabajo de montaje, programación y comunicación. Aparte de brindar un alto grado de fiabilidad y un menor costo en futuros mantenimientos.
- Se recomienda estrictamente usar los equipos de seguridad personal como overoles, botas, guantes, mascarillas y gorras, dentro de la industria avícola, debido a que los ambientes y químicos utilizados en la crianza son altamente tóxicos y podrían conllevar a futuro problemas de salud en el personal de la granja.

- Se aconseja que el personal destinado a la manipulación eléctrica de los componentes del sistema, estén capacitados y usen el equipo y las herramientas adecuadas para no ocasionar daños en los equipos, o que el trabajador sufra lesiones dentro de sus labores.
- Para alargar la vida útil de los equipos se recomienda realizar periódicamente mantenimientos preventivos, chequeos visuales diarios y fundamentalmente la limpieza en las instalaciones donde se ubica la maquinaria y los dispositivos de control.



## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS:

- Quintana, J. (2011). *Avitecnia, Manejo de las aves domesticas mas comunes* (Cuarta ed.). Mexico: Trillas.
- Quintana, P. (2005). *Métodos Numericos con Aplicaciones en Excel*. Barcelona: Reverté Ediciones.
- Sadiku, M. N., & Alexander, C. K. (2013). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. Mexico: McGraw - Hill.
- Bolton, W. (2010). *Mecatrónica, Sistemas de Control Electrónico*. Barcelona: Alfaomega.
- Myers, R. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Pearson Education.
- Mataix, C. (2007). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Madrid: Alfaomega.
- Chemical Bond Approach Project. (1996). *Sistemas Quimicos*. Michigan: Reverte S.A.

### ARTICULOS:

- CS, A. (8 de Enero de 2013). *Agroterra The Leading AgriMarketplace*. Obtenido de Agroterra The Leading AgriMarketplace: <http://www.agroterra.com/blog/descubrir/cria-de-pollitos-todo-lo-que-debes-saber/76674/>
- MAGAP. (25 de Junio de 2000). Censo Nacional Agropecuario CNA. *El Comercio*, pág. B15.
- Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras Bolivia. (15 de Enero de 2012). <http://agrobolivia.gob.bo>. Obtenido de Compendio Agropecuario: <http://agrobolivia.gob.bo/compendio2012>
- Universidad de Georgia. (8 de Febrero de 2012). *Estudio de la Universidad de Georgia muestra como se puede obtener una mejor calidad del aire con una ventilación mínima en una granja de aves*. Obtenido de Wattagnet.com: <http://www.wattagnet.com/PrintPage.aspx?id=148749>
- Reid, M., & Pesti, G. (2001). *Crianza de Aves de Corral Saludables*. Seattle-EE.UU.: Christian Veterinary Mission.
- Zambrano, A. (2012). Avicultura en el Ecuador. *Revista El Agro*, 4.
- Zambrano, A. (2013). Avicultura en el Ecuador. *Revista El Agro*, 6.

**DOCUMENTOS DE PÁGINA WEB:**

- Aviagen Tech Center. (12 de Febrero de 2009). *Guía de Manejo del Pollo de Engorde*. Obtenido de Aviagen.com: [http://es.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/smA-Acres-Guia-de-Manejo-del-Pollo-Engorde-2009.pdf](http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/smA-Acres-Guia-de-Manejo-del-Pollo-Engorde-2009.pdf)
- INDIV. (7 de Noviembre de 2013). *Cortinas-Manual de Usuario*. Obtenido de INDIV Equipamiento para Avicultura: [www.indiv.com/pdf/es/manual\\_cortinas.pdf](http://www.indiv.com/pdf/es/manual_cortinas.pdf)
- Aviagen-Centro Tecnico. (15 de Enero de 2010). *Manual del Pollo Ross*. Obtenido de AVIAGEN Tecnologías y Técnicas de Investigación y Desarrollo: [http://es.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/Manual-del-pollo-Ross.pdf](http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Manual-del-pollo-Ross.pdf)
- Porque, E. A. (30 de Agosto de 2011). *Produccion y Manejo Avicola*. Obtenido de Fundacion Origen Chile: <http://fundacionorigenchile.org/manuales/ManualAvicola.pdf>

**PÁGINAS WEB:**

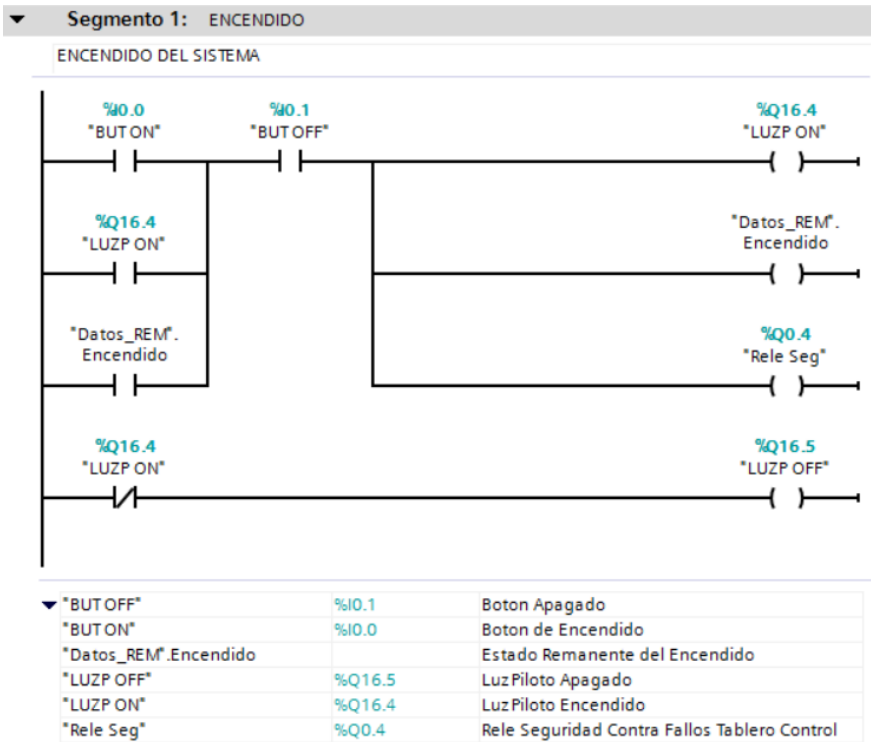
- Fairchild, B. (3 de Julio de 2012). *Control de factores ambientales en la crianza de pollitos*. Obtenido de El Sitio Avicola: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2188/control-de-factores-ambientales-en-la-crianza-de-pollitos-2>
- Depto. de Producción Animal, Fac. de Veterinaria, Univ. de Murcia. (5 de Marzo de 2004). *manualdeavicultura.blogspot.com*. Obtenido de Termoregulacion en las Gallinas: <http://manualdeavicultura.blogspot.com/2009/02/termorregulacion-en-las-gallinas.html>
- Centro de Formacion INETADOTA - Produccion Agropecuaria. (4 de Junio de 2010). *Produccion y Comercializacion de Pollo de Engorde*. Obtenido de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/44688470/Pollo-de-engorde>
- Oliveros, Y., Vasilio, B., & Farfan, C. (1 de Julio de 2008). Efecto del nivel de amonio ambiental. *Produccion&Negocio*, 21-22. Obtenido de Produccion&Negocio: [http://www.produccionynegocio.com/edicion\\_27/Amonio.htm](http://www.produccionynegocio.com/edicion_27/Amonio.htm)
- Renteria, O. (7 de Junio de 2007). *MANUAL PRACTICO DEL POLLO DE ENGORDE*. Obtenido de Secretaria de Agricultura y pesca del Valle del Cauca: [www.valledelcauca.gov.co/agricultura/descargar.php?id=2333](http://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/descargar.php?id=2333)

## **ANEXOS**

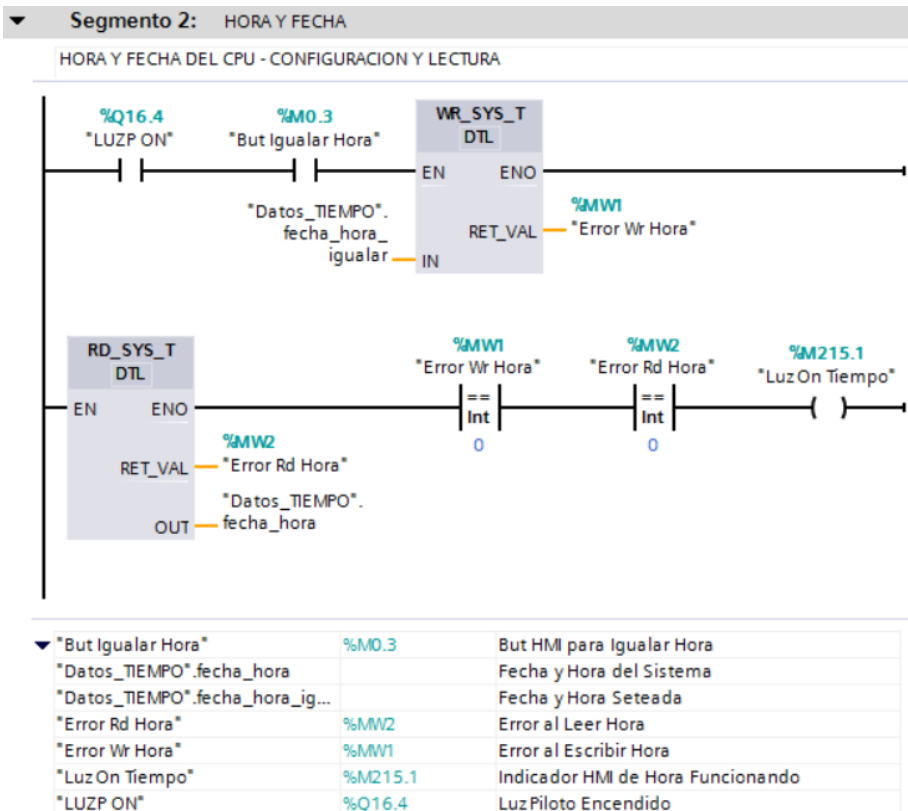
### **ANEXO 1**

**PROGRAMA DE CONTROL PLC S7-1200  
TIA PORTAL V11 – STEP 7 PROFESSIONAL**

## Encendido del Sistema



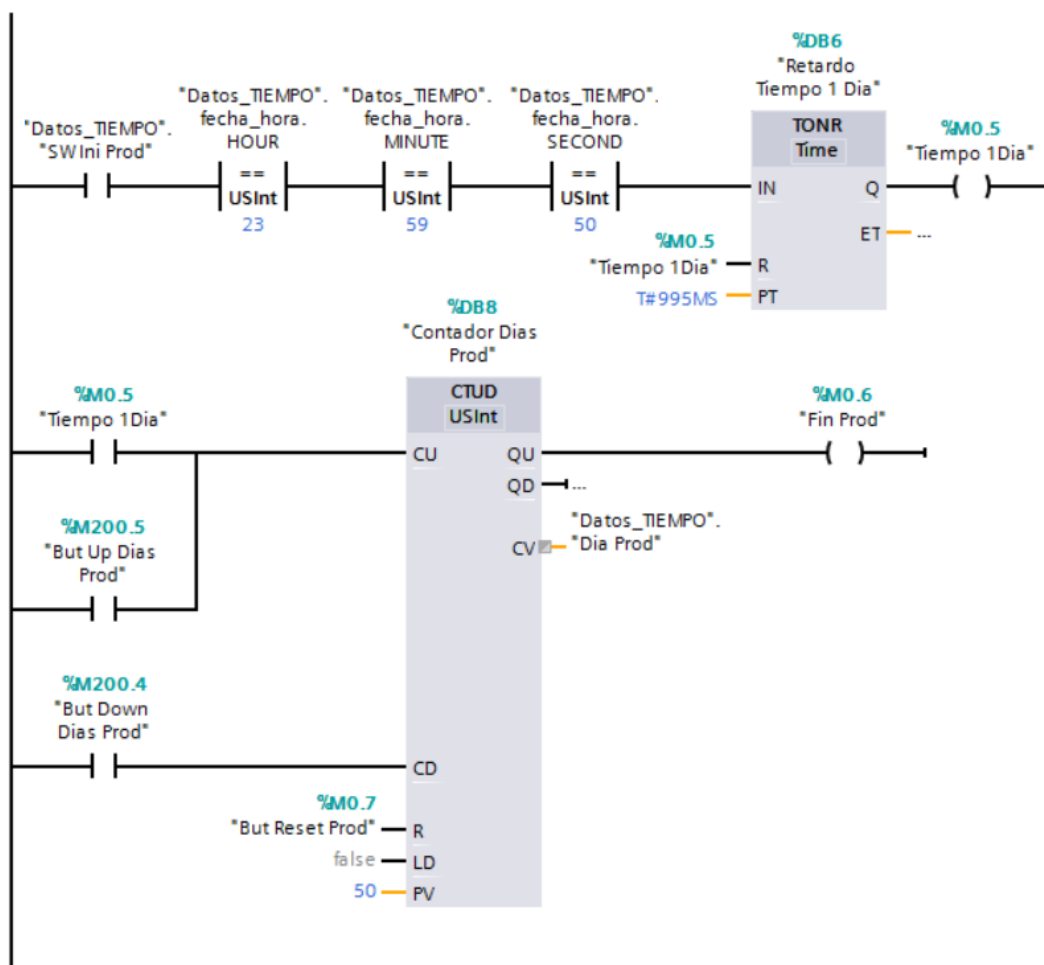
## Configuración Hora y Fecha



### Cálculo del Día de Producción

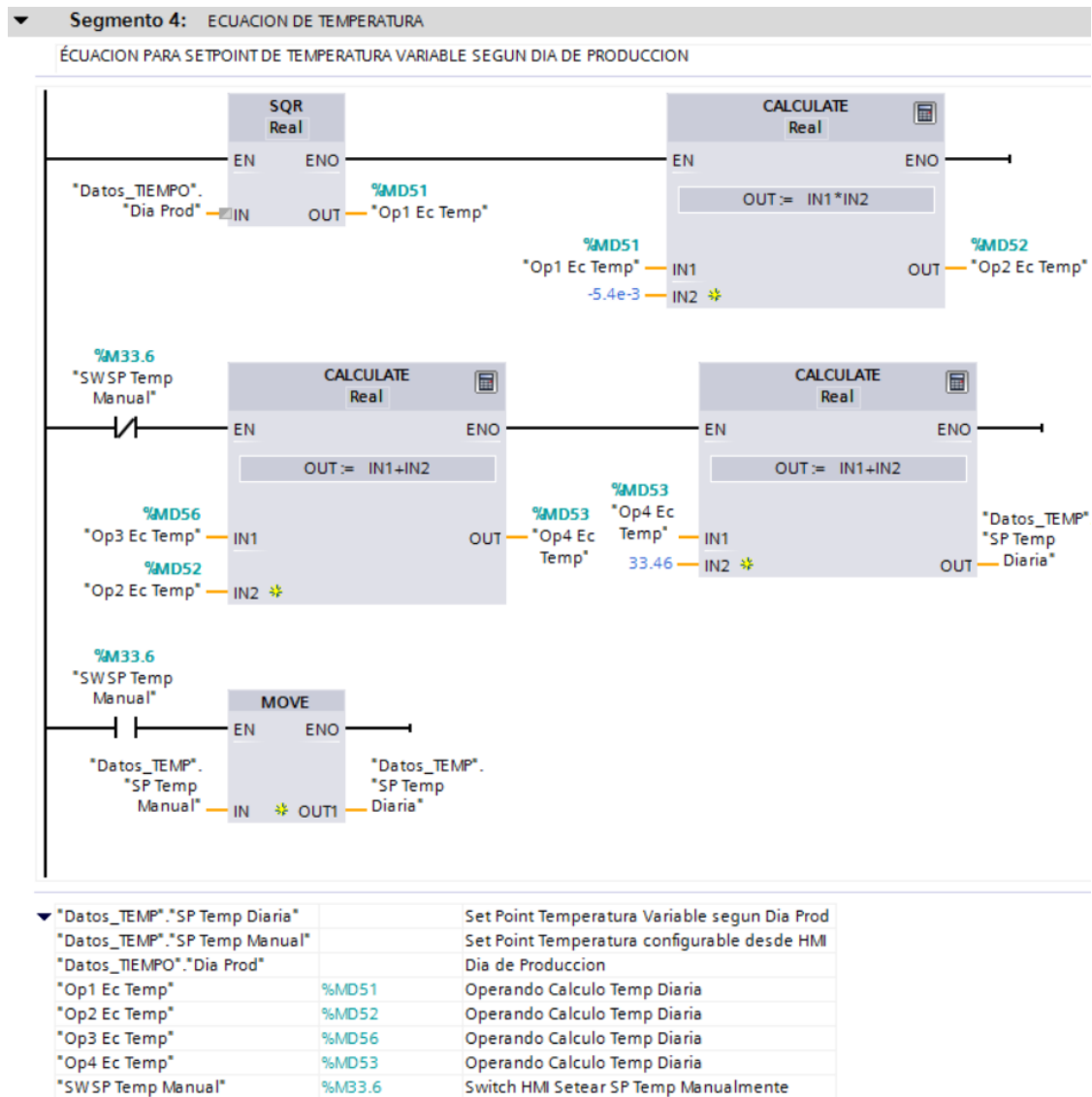
▼ **Segmento 3: TIEMPO PRODUCCION**

TIEMPO DE LA PRODUCCION

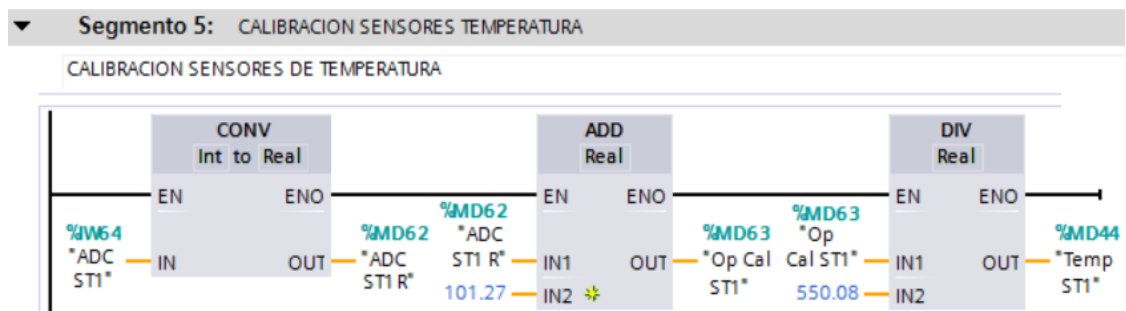


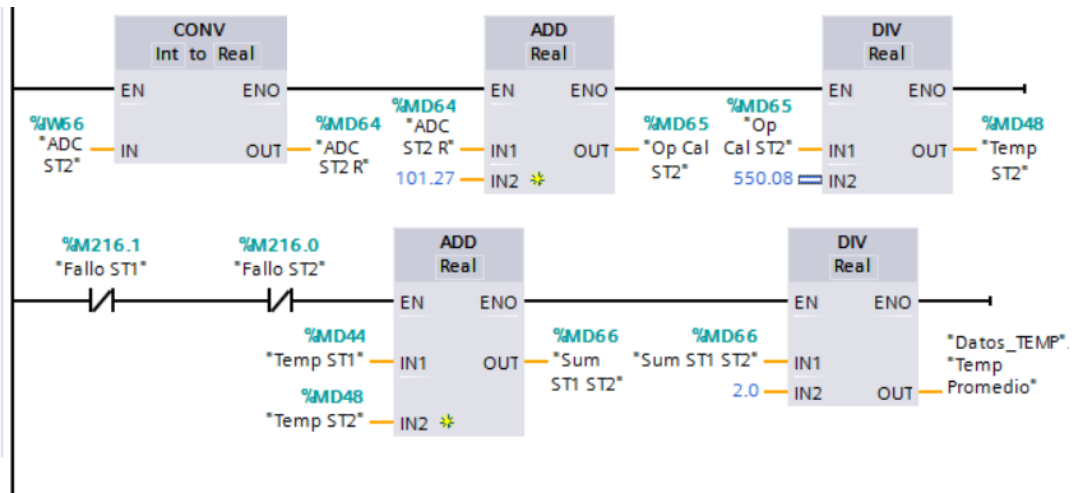
▼ "But Down Dias Prod"	%M200.4	But HMI Bajar Dias Prod
"But Reset Prod"	%M0.7	But HMI Reset Tiempo Prod
"But Up Dias Prod"	%M200.5	But HMI Subir Dias Pord
"Datos_TIEMPO".Dia Prod"		Dia de Produccion
"Datos_TIEMPO".SWIni Prod"		Switch HMI Ini Prod
"Datos_TIEMPO".fecha_hora.HO...		
"Datos_TIEMPO".fecha_hora.MI...		
"Datos_TIEMPO".fecha_hora.SE...		
"Fin Prod"	%M0.6	Indicador HMI Fin Prod
"Tiempo 1Dia"	%M0.5	Activacion por dia

### Cálculo de la Temperatura Diaria en base al día de Producción



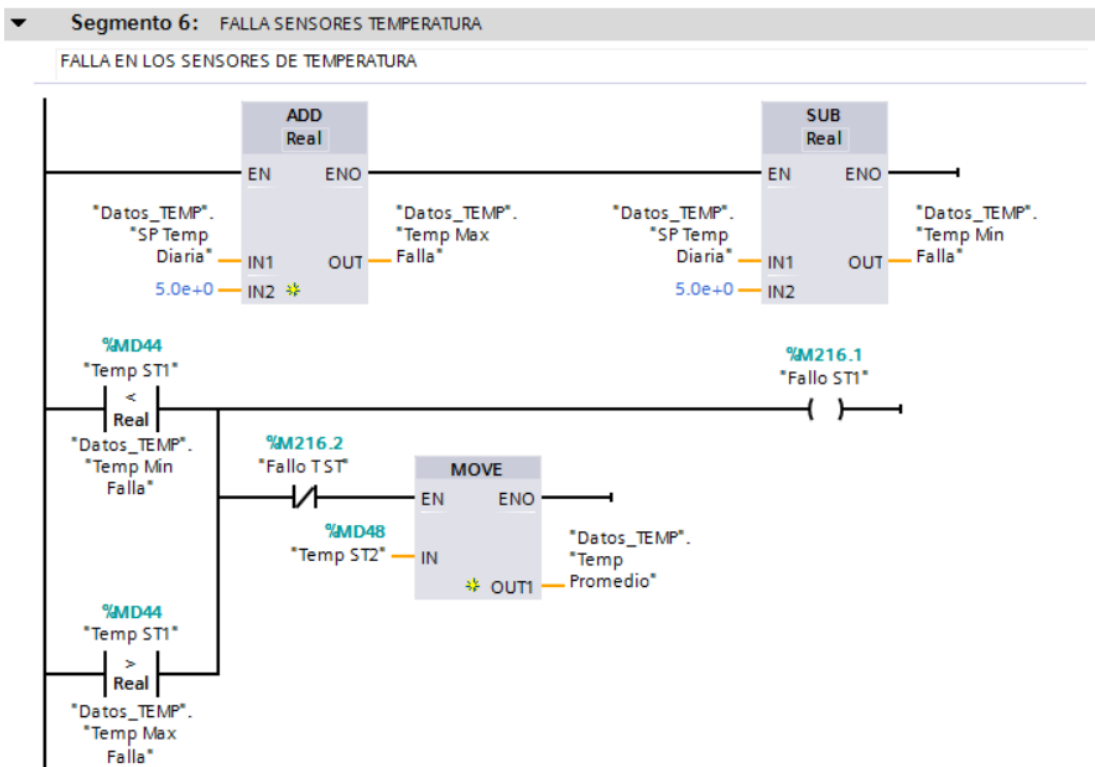
### Calibración Sensores de Temperatura

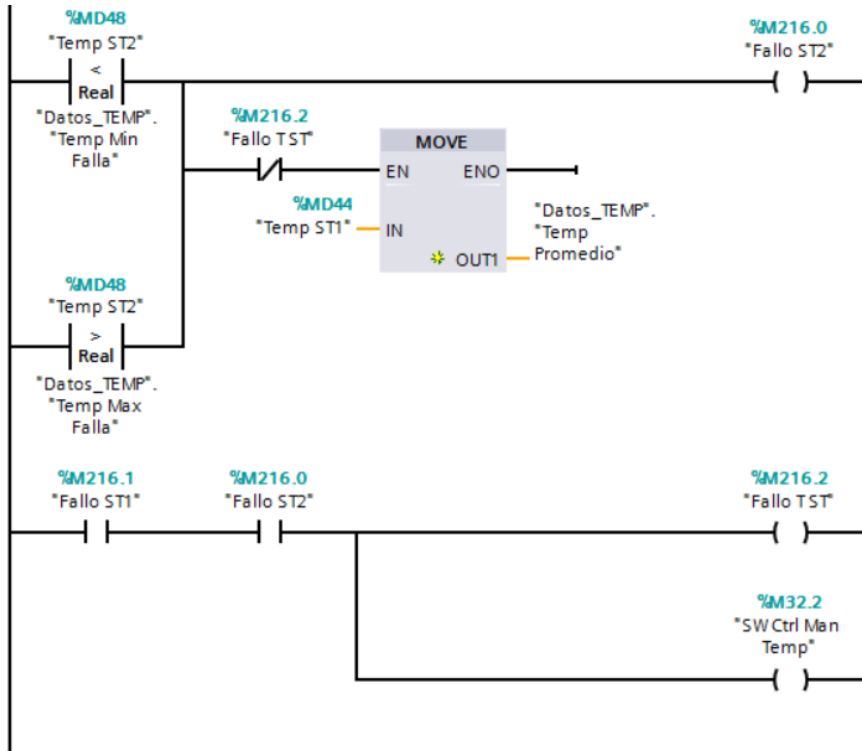




*ADC ST1 R*	%MD62	Conversion Real Lectura ADC S1T
*ADC ST1*	%IW64	Lectura ADC para Sensor Temp 1
*ADC ST2 R*	%MD64	Conversion Real Lectura ADC S2T
*ADC ST2*	%IW66	Lectura ADC para Sensor Temp 2
*Datos_TEMP*.Temp Promedio*		Temperatura Promedio entre Sensores
*Fallo ST1*	%M216.1	Fallo en el Sensor Temp 1
*Fallo ST2*	%M216.0	Fallo en el Sensor Temp 2
*Op Cal ST1*	%MD63	Operando Calculo Temp Leida S1
*Op Cal ST2*	%MD65	Operando Calculo Temp Leida S2
*Sum ST1 ST2*	%MD66	Operando Calculo Temp Promedio
*Temp ST1*	%MD44	Temperatura en el Sensor 1
*Temp ST2*	%MD48	Temperatura en el Sensor 2

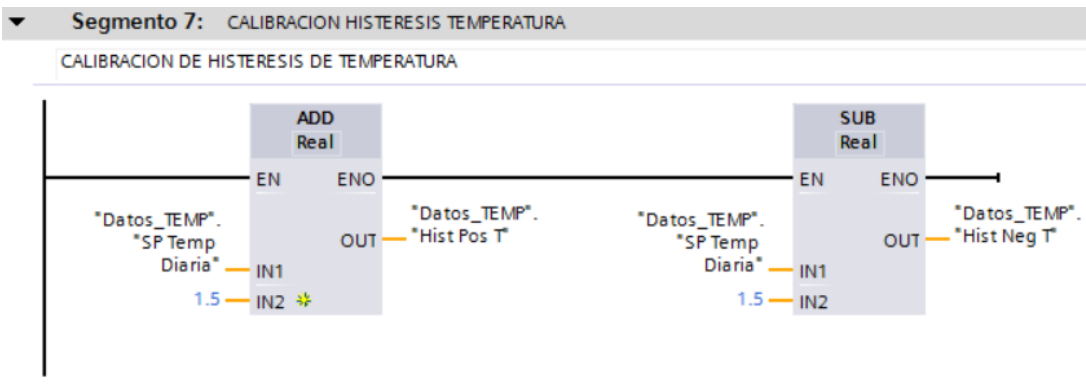
### Registro de Falla en los Sensores de Temperatura





*Datos_TEMP*. *SP Temp Diaria*		Set Point Temperatura Variable segun Dia Prod
*Datos_TEMP*. *Temp Max Falla*		Temperatura Maxima Antifalla en Sensor
*Datos_TEMP*. *Temp Min Falla*		Temperatura Minima Antifalla en Sensor
*Datos_TEMP*. *Temp Promedio*		Temperatura Promedio entre Sensores
*Fallo ST1*	%M216.1	Fallo en el Sensor Temp 1
*Fallo ST2*	%M216.0	Fallo en el Sensor Temp 2
*Fallo TST*	%M216.2	Falla Total en los Sensores Temp
*SW Ctrl Man Temp*	%M32.2	Switch HMI Control Manual Temp
*Temp ST1*	%MD44	Temperatura en el Sensor 1
*Temp ST2*	%MD48	Temperatura en el Sensor 2

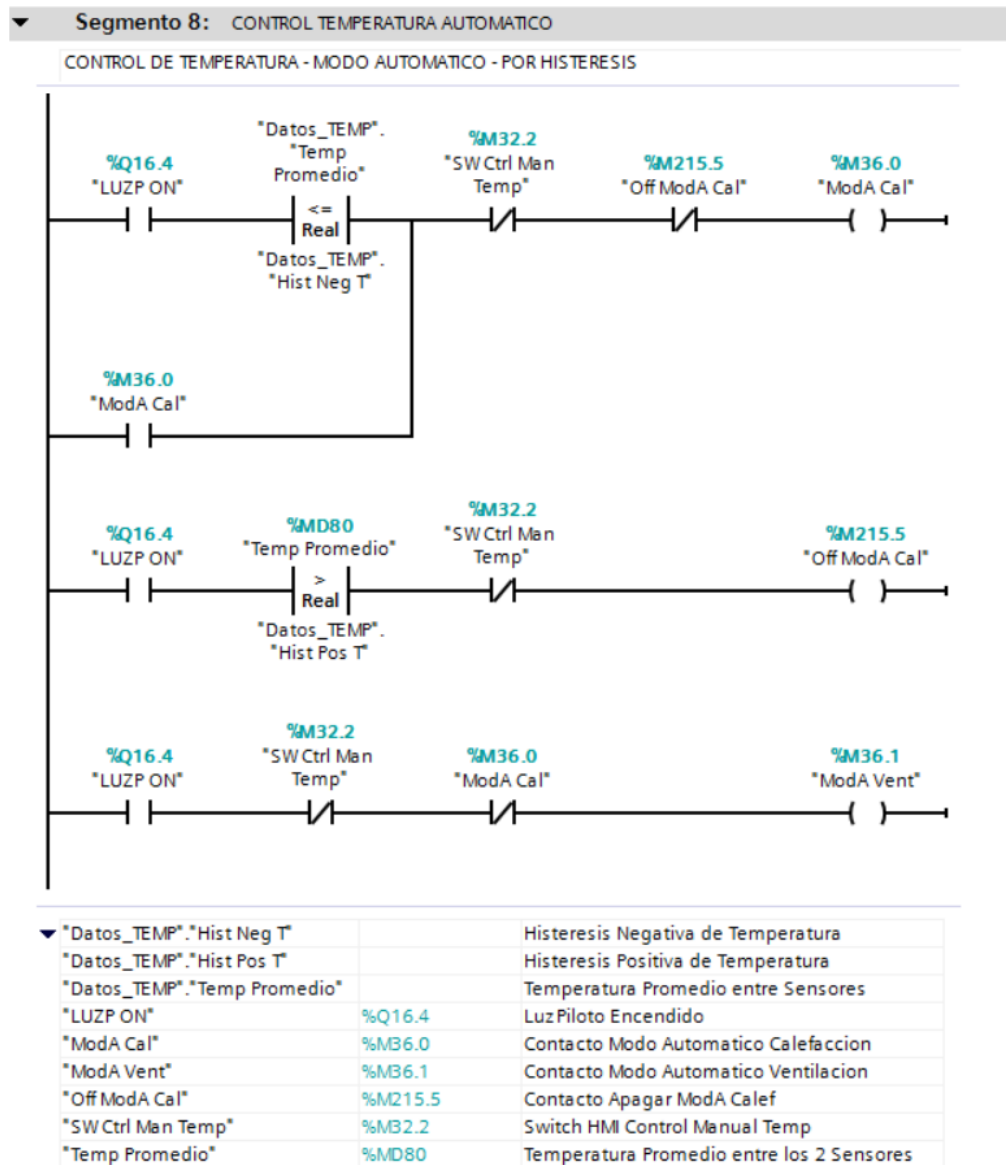
### Calibración Histéresis de Temperatura



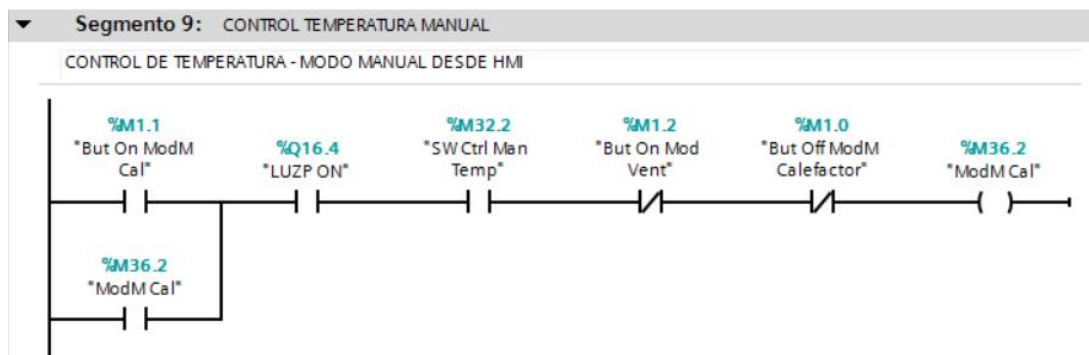
*Datos_TEMP*. *Hist Neg T*		Histeresis Negativa de Temperatura
*Datos_TEMP*. *Hist Pos T*		Histeresis Positiva de Temperatura
*Datos_TEMP*. *SP Temp Diaria*		Set Point Temperatura Variable segun Dia Prod

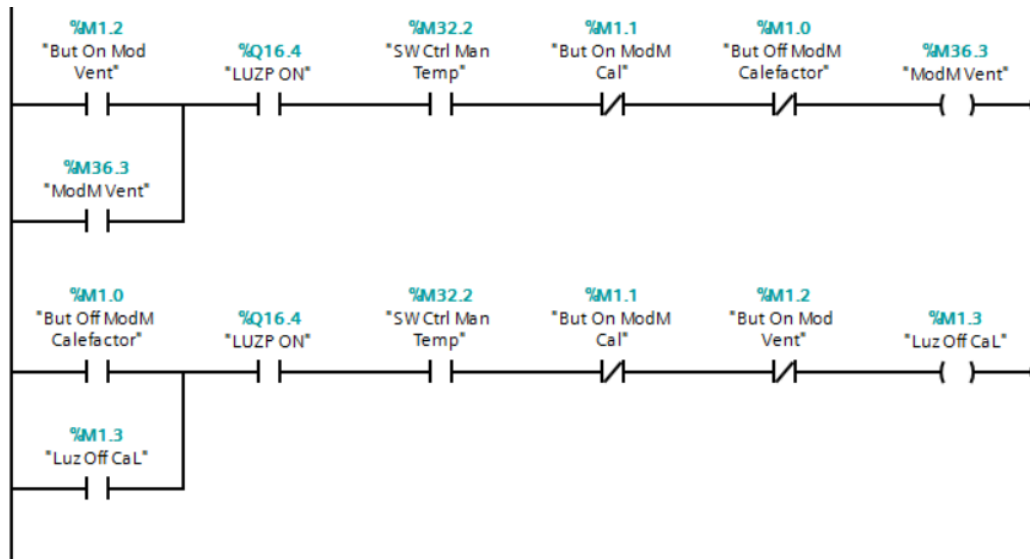


Control de Temperatura – Modo Automático



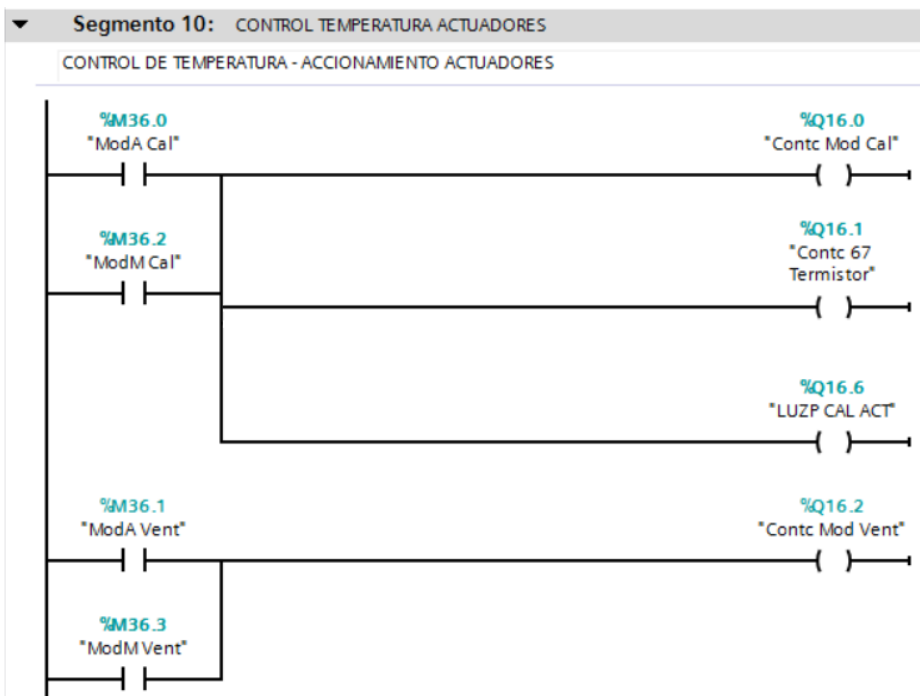
Control de Temperatura – Modo Manual

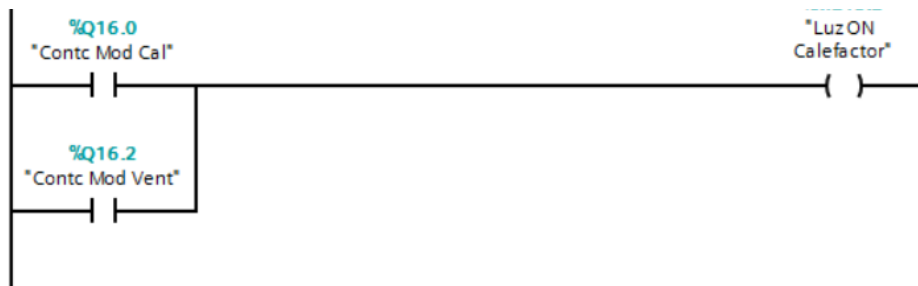




*But Off ModM Calefactor*	%M1.0	Boton HMI OFF ModM Calefactor
*But On Mod Vent*	%M1.2	Boton HMI ON ModM Ventilacion
*But On ModM Cal*	%M1.1	Boton HMI ON ModM Calefaccion
*Luz Off CaL*	%M1.3	Luz HMI OFF Calefactor
*LUZP ON*	%Q16.4	Luz Piloto Encendido
*ModM Cal*	%M36.2	Contacto Modo Manual Calefaccion
*ModM Vent*	%M36.3	Contacto Modo Manual Ventilacion
*SW Ctrl Man Temp*	%M32.2	Switch HMI Control Manual Temp

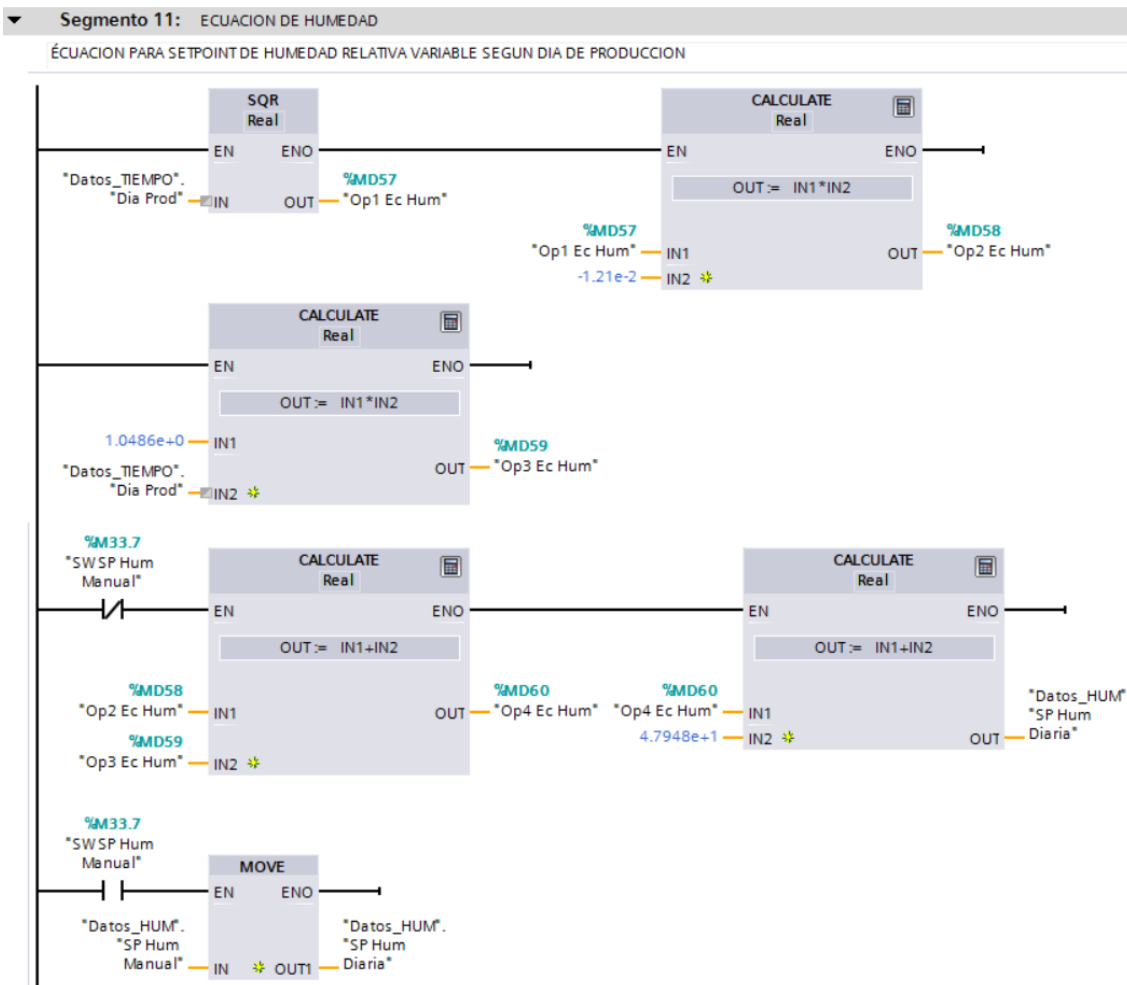
### Control de Temperatura – Accionamiento Actuadores





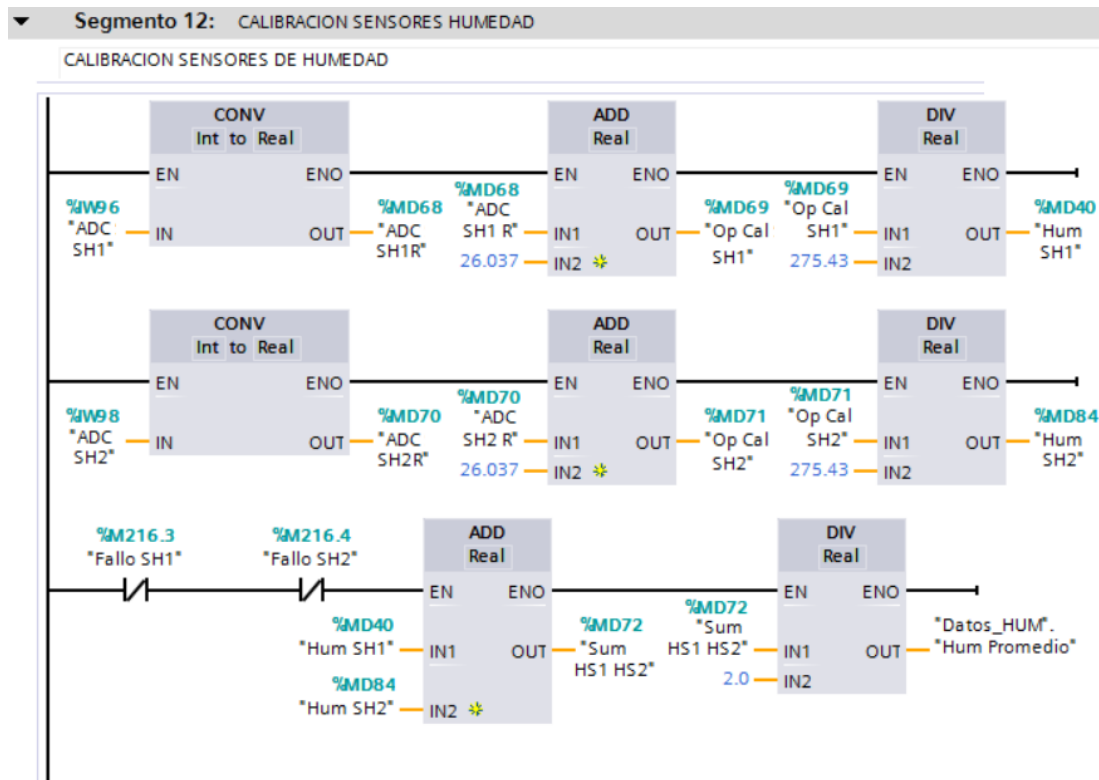
▼ '*Contc 67 Termistor'	%Q16.1	Contacto Accionamiento Termistor
'*Contc Mod Cal'	%Q16.0	Contacto Modo Calefaccion
'*Contc Mod Vent'	%Q16.2	Contacto Modo Ventilacion
'*Luz ON Calefactor'	%M215.2	Luz HMI Encendido Calefactor
'*LUZP CAL ACT'	%Q16.6	Luz Piloto Calefaccion Activa
'*ModA Cal'	%M36.0	Contacto Modo Automatico Calefaccion
'*ModA Vent'	%M36.1	Contacto Modo Automatico Ventilacion
'*ModM Cal'	%M36.2	Contacto Modo Manual Calefaccion
'*ModM Vent'	%M36.3	Contacto Modo Manual Ventilacion

### Cálculo de la Humedad Diaria en base al día de Producción



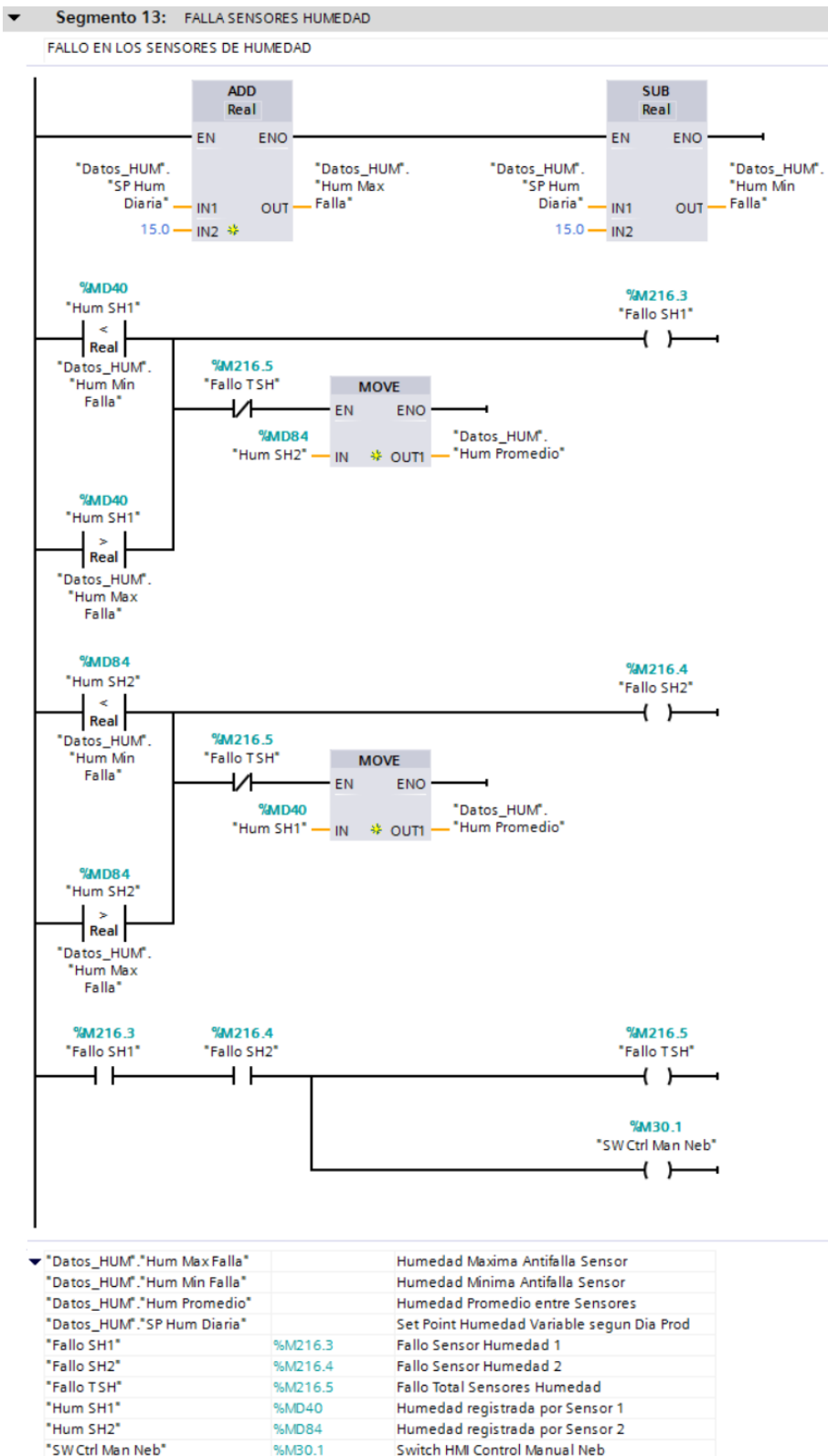
▼ "Datos_HUM"."SP Hum Diaria"		Set Point Humedad Variable segun Dia Prod
"Datos_HUM"."SP Hum Manual"		Set Point Humedad configurable desde HMI
"Datos_TIEMPO"."Dia Prod"		Dia de Produccion
"Op1 Ec Hum"	%MD57	Operando Calculo SP Hum Diaria
"Op2 Ec Hum"	%MD58	Operando Calculo SP Hum Diaria
"Op3 Ec Hum"	%MD59	Operando Calculo SP Hum Diaria
"Op4 Ec Hum"	%MD60	Operando Calculo SP Hum Diaria
"SW SP Hum Manual"	%M33.7	Switch HMI Setear SP Hum Manualmente

## Calibración Sensores de Humedad

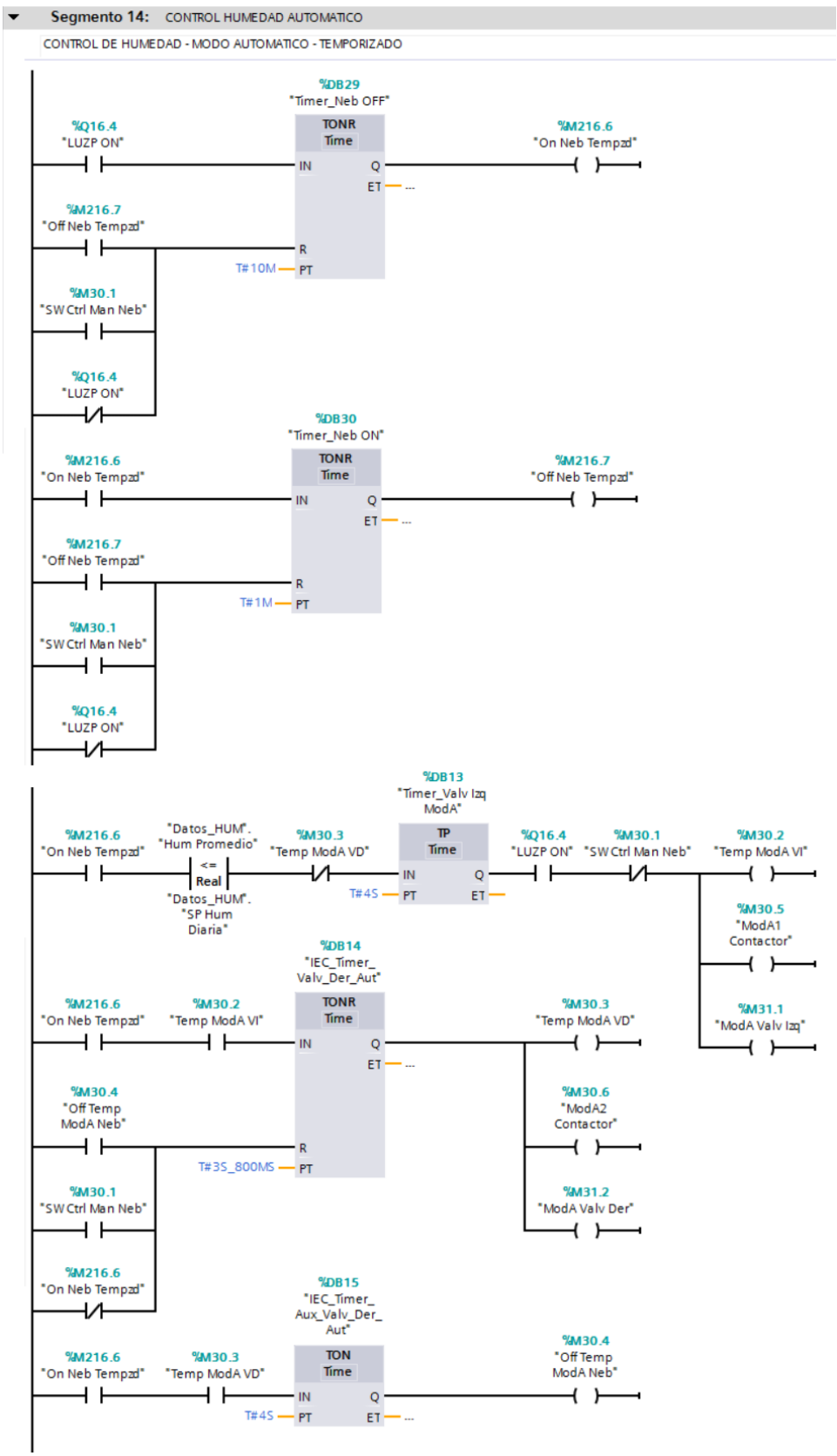


▼ "ADC SH1 R"	%MD68	Conversion Real Lectura ADC SH1
"ADC SH1"	%IW96	Lectura ADC para Sensor Humedad 1
"ADC SH2 R"	%MD70	Conversion Real Lectura ADC SH2
"ADC SH2"	%IW98	Lectura ADC para Sensor Humedad 2
"Datos_HUM"."Hum Promedio"		Humedad Promedio entre Sensores
"Fallo SH1"	%M216.3	Fallo Sensor Humedad 1
"Fallo SH2"	%M216.4	Fallo Sensor Humedad 2
"Hum SH1"	%MD40	Humedad registrada por Sensor 1
"Hum SH2"	%MD84	Humedad registrada por Sensor 2
"Op Cal SH1"	%MD69	Operando Calculo Hum S1
"Op Cal SH2"	%MD71	Operando de Calculo Hum S2
"Sum HS1 HS2"	%MD72	Operando Calculo Humedad Promedio

## Registro de Falla en los Sensores de Humedad



### Control de Humedad – Modo Automático

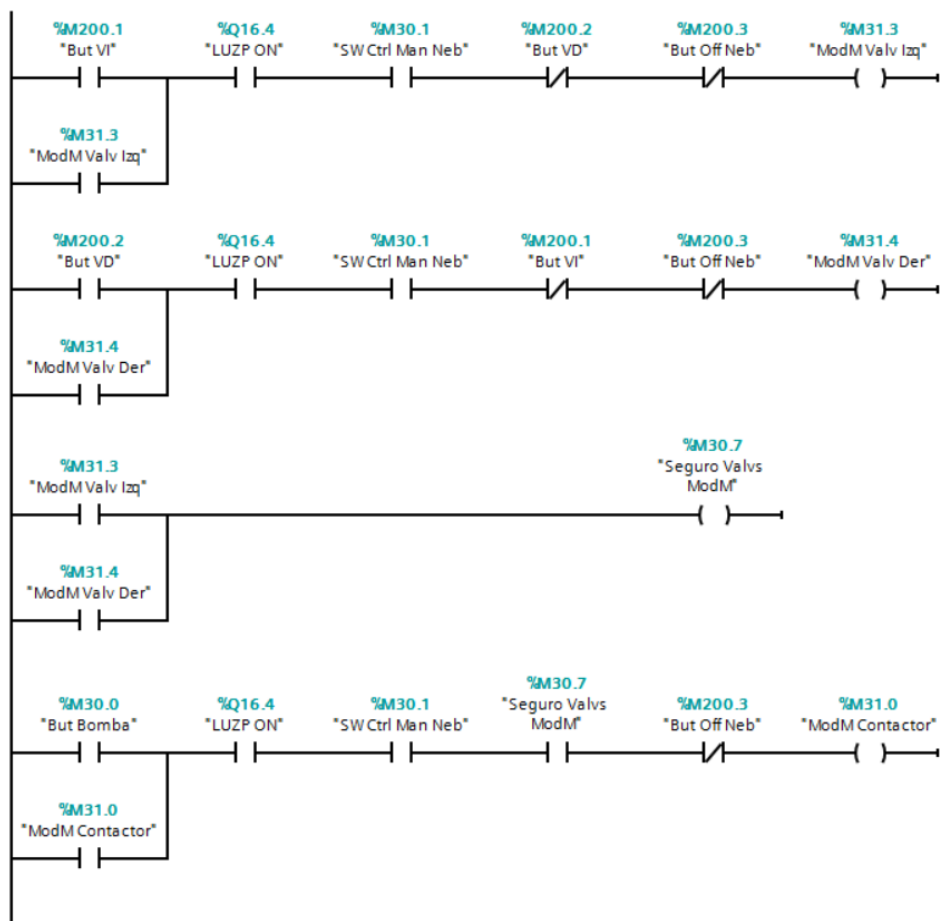


▼ "Datos_HUM"."Hum Promedio"		Humedad Promedio entre Sensores
"Datos_HUM"."SP Hum Diaria"		Set Point Humedad Variable segun Dia Prod
"LUZP ON"	%Q16.4	Luz Piloto Encendido
"ModA1 Contactor"	%M30.5	Contacto 1 Modo Automatico Contactor
"ModA2 Contactor"	%M30.6	Contacto 2 Modo Automatico Contactor
"ModA Valv Der"	%M31.2	Contacto Modo Automatico Valvula Derecha
"ModA Valv Izq"	%M31.1	Contacto Modo Automatico Valvula Izquierda
"Off Neb Tempzd"	%M216.7	Apagado Nebulizacion Temporizada
"Off Temp ModA Neb"	%M30.4	Fin Accionamiento Temporizado Valvs y Cont
"On Neb Tempzd"	%M216.6	Encendido Nebulizacion Temporizada
"SW Ctrl Man Neb"	%M30.1	Switch HMI Control Manual Neb
"Temp ModA VD"	%M30.3	Accionamiento Temporizado Valvula Derecha
"Temp ModA VI"	%M30.2	Accionamiento Temporizado Valvula Izquierda

## Control de Humedad – Modo Manual

### ▼ Segmento 15: CONTROL HUMEDAD MANUAL

CONTROL DE HUMEDAD - MODO MANUAL DESDE HMI

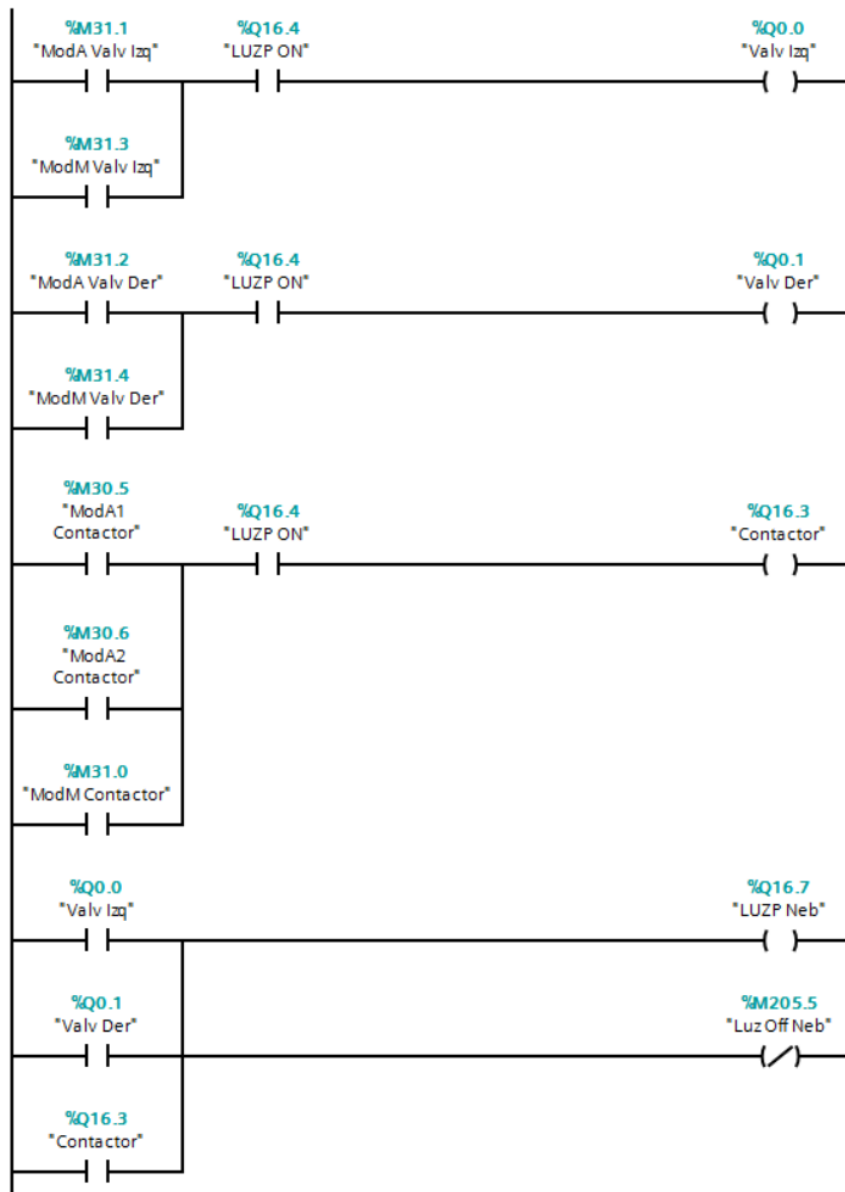


▼ "But Bomba"	%M30.0	But HMI Activar Contactor ModM
"But Off Neb"	%M200.3	But HMI Apagado Nebulizacion ModM
"But VD"	%M200.2	But HMI Activar Valvula Derecha ModM
"But VI"	%M200.1	But HMI Activar Valvula Izquierda ModM
"LUZP ON"	%Q16.4	Luz Piloto Encendido
"ModM Contactor"	%M31.0	Contacto Modo Manual Contactor
"ModM Valv Der"	%M31.4	Contacto Modo Manual Valvula Derecha
"ModM Valv Izq"	%M31.3	Contacto Modo Manual Valvula Izquierda
"Seguro Valvs ModM"	%M30.7	Seguro de Activacion Valvulas ModM
"SW Ctrl Man Neb"	%M30.1	Switch HMI Control Manual Neb

## Control de Humedad – Accionamiento Actuadores

## ▼ Segmento 16: CONTROL HUMEDAD ACTUADORES

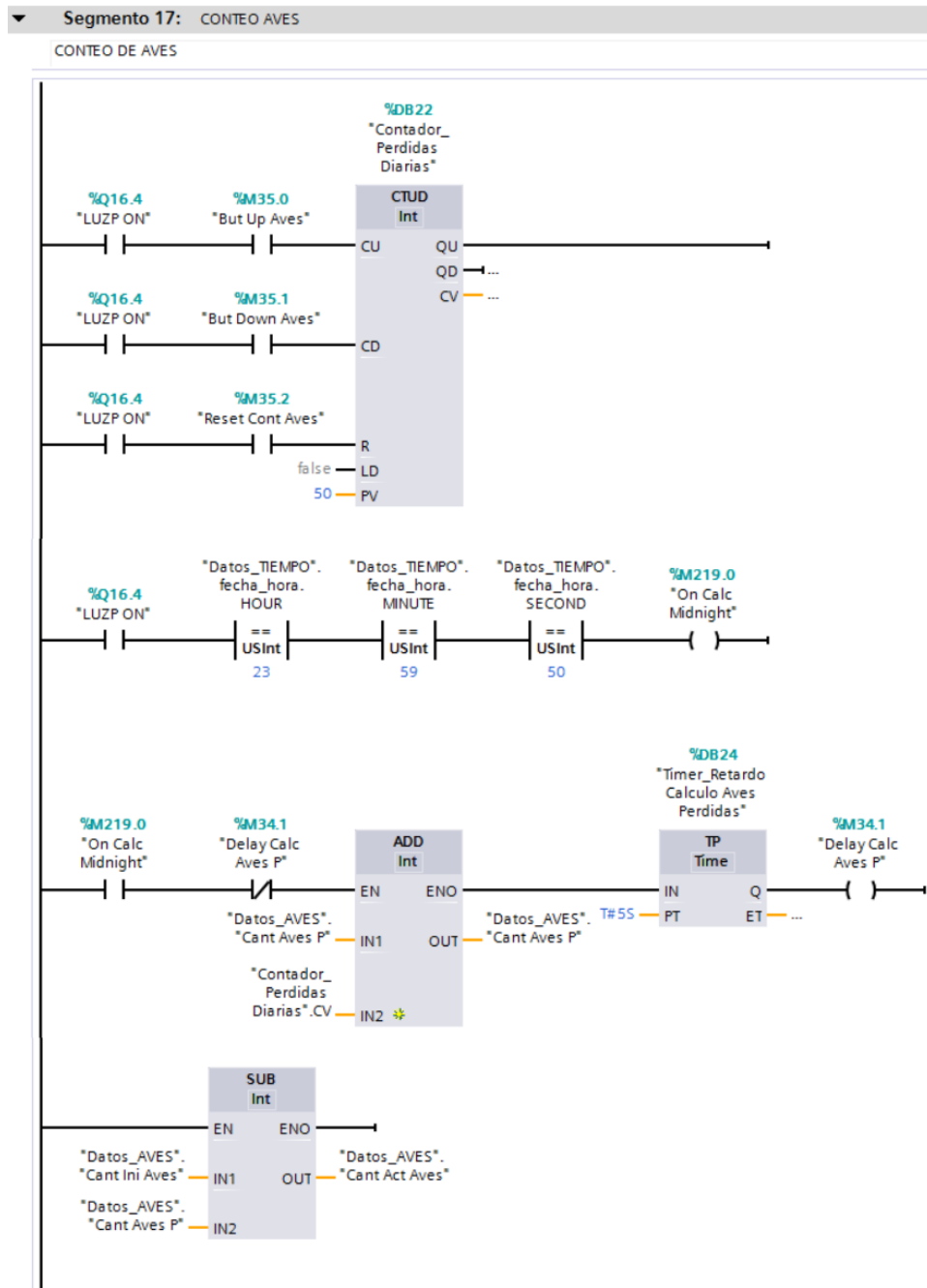
## CONTROL HUMEDAD - ACCIONAMIENTO ACTUADORES



▼ "Contactor"	%Q16.3	Contactor
"Luz Off Neb"	%M205.5	Indicador HMI de Nebulizacion Apagada
"LUZP Neb"	%Q16.7	Luz Piloto Nebulizacion Activa
"LUZP ON"	%Q16.4	Luz Piloto Encendido
"ModA1 Contactor"	%M30.5	Contacto 1 Modo Automatico Contactor
"ModA2 Contactor"	%M30.6	Contacto 2 Modo Automatico Contactor
"ModA Valv Der"	%M31.2	Contacto Modo Automatico Valvula Derecha
"ModA Valv Izq"	%M31.1	Contacto Modo Automatico Valvula Izquierda
"ModM Contactor"	%M31.0	Contacto Modo Manual Contactor
"ModM Valv Der"	%M31.4	Contacto Modo Manual Valvula Derecha
"ModM Valv Izq"	%M31.3	Contacto Modo Manual Valvula Izquierda
"Valv Der"	%Q0.1	Valvula Derecha
"Valv Izq"	%Q0.0	Valvula Izquierda



### Conteo de Aves Perdidas

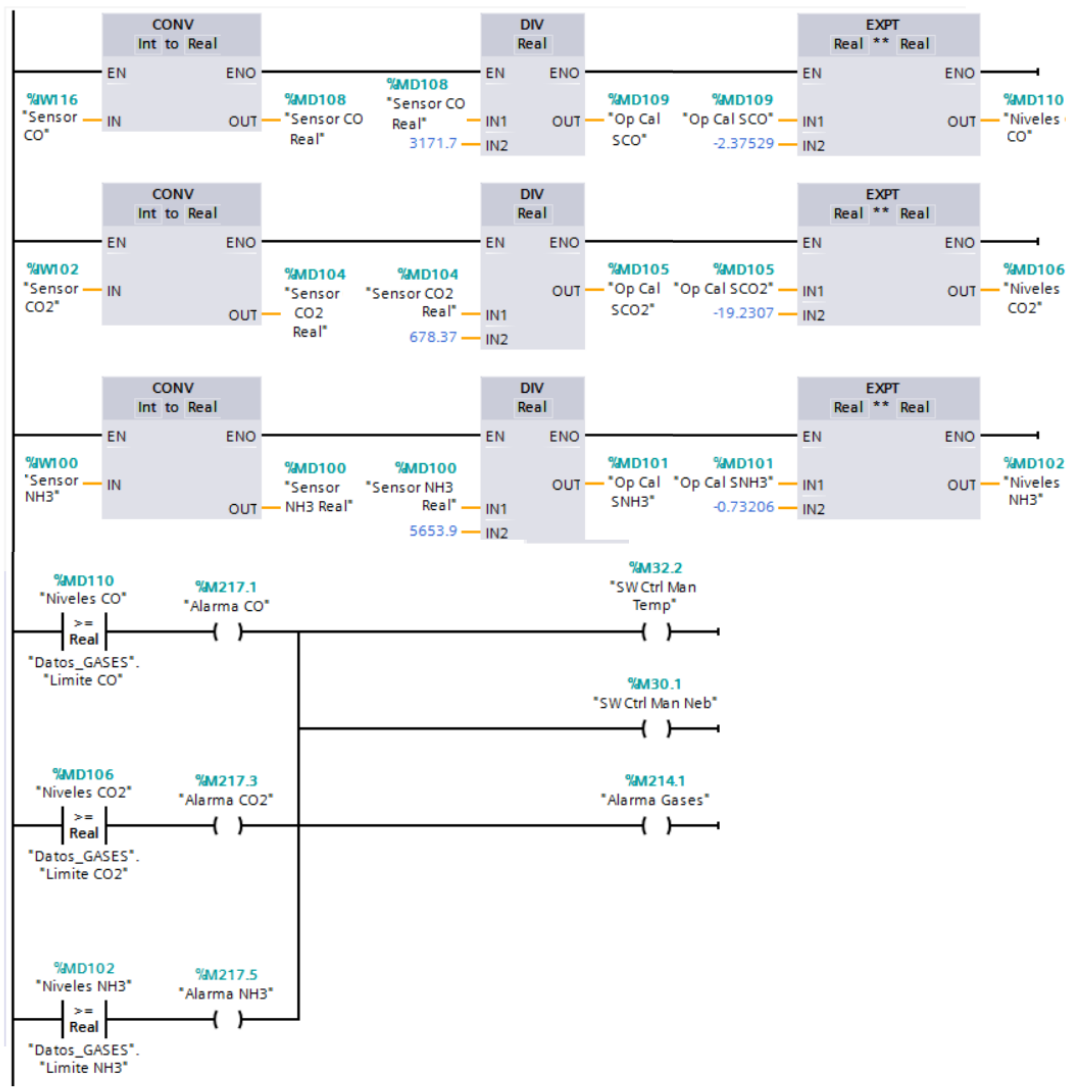


*But Down Aves*	%M35.1	But HMI Down Contador Perdidas Diarias
*But Up Aves*	%M35.0	But HMI Up Contador Perdidas Diarias
*Contador_Perdidas Diarias*.CV		
*Datos_AVES*. Cant Act Aves*		Cantidad Actual de Aves Vivas
*Datos_AVES*. Cant Aves P*		Cantidad Total de Aves Perdidas
*Datos_AVES*. Cant Ini Aves*		Cantidad Inicial de Aves Ingresadas
*Datos_TIEMPO*. fecha_hora.HO...		
*Datos_TIEMPO*. fecha_hora.MI...		
*Datos_TIEMPO*. fecha_hora.SE...		
*Delay Calc Aves P*	%M34.1	Retardo Calculo de Aves Perdidas
*LUZP ON*	%Q16.4	Luz Piloto Encendido
*Reset Cont Aves*	%M35.2	But HMI Reset Contador Perdidas Diarias

## Monitoreo Calidad del Aire

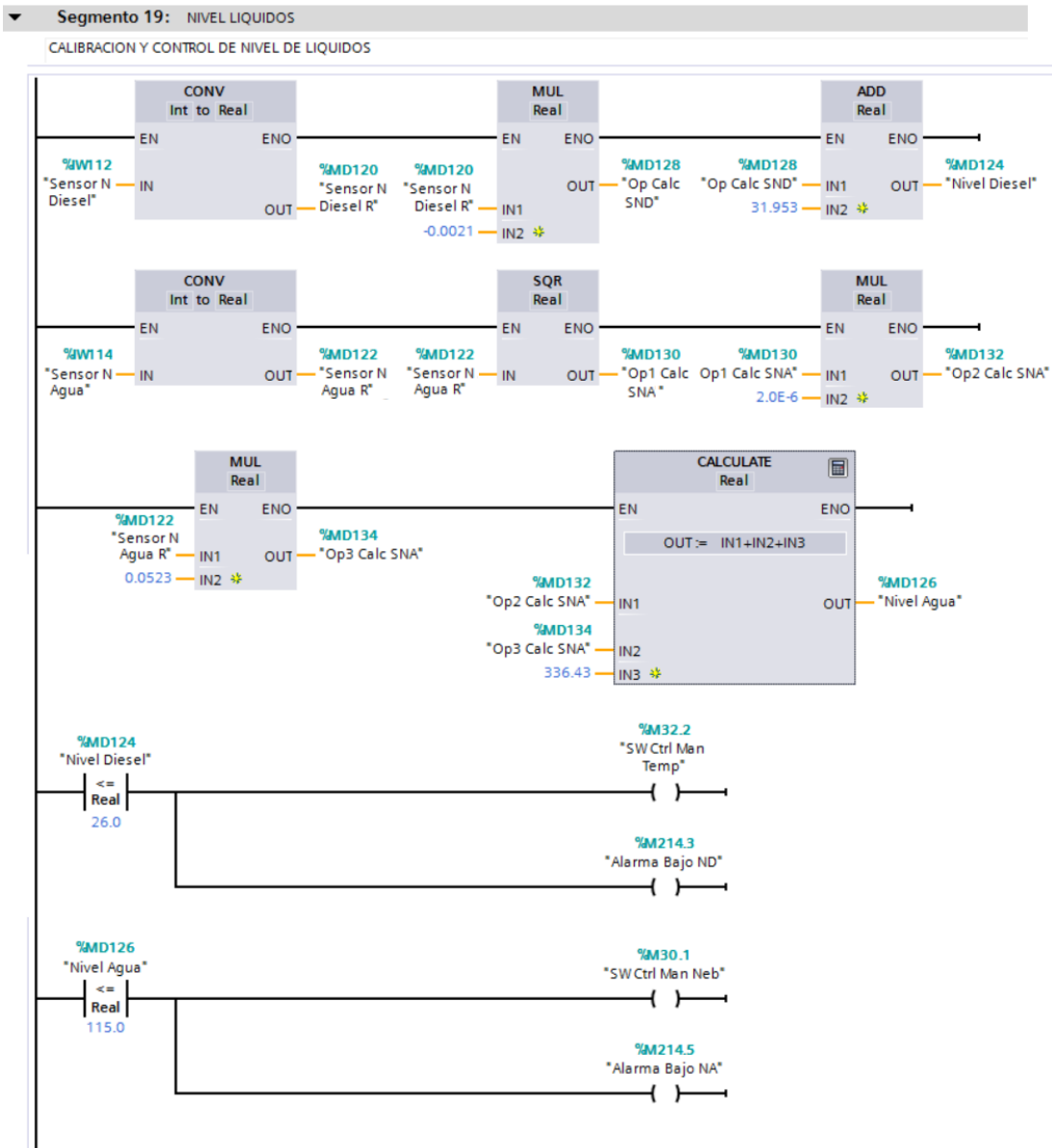
**Segmento 18: MONITOREO CALIDAD AIRE**

CALIBRACION SENSORES - MONITOREO CALIDAD DE AIRE



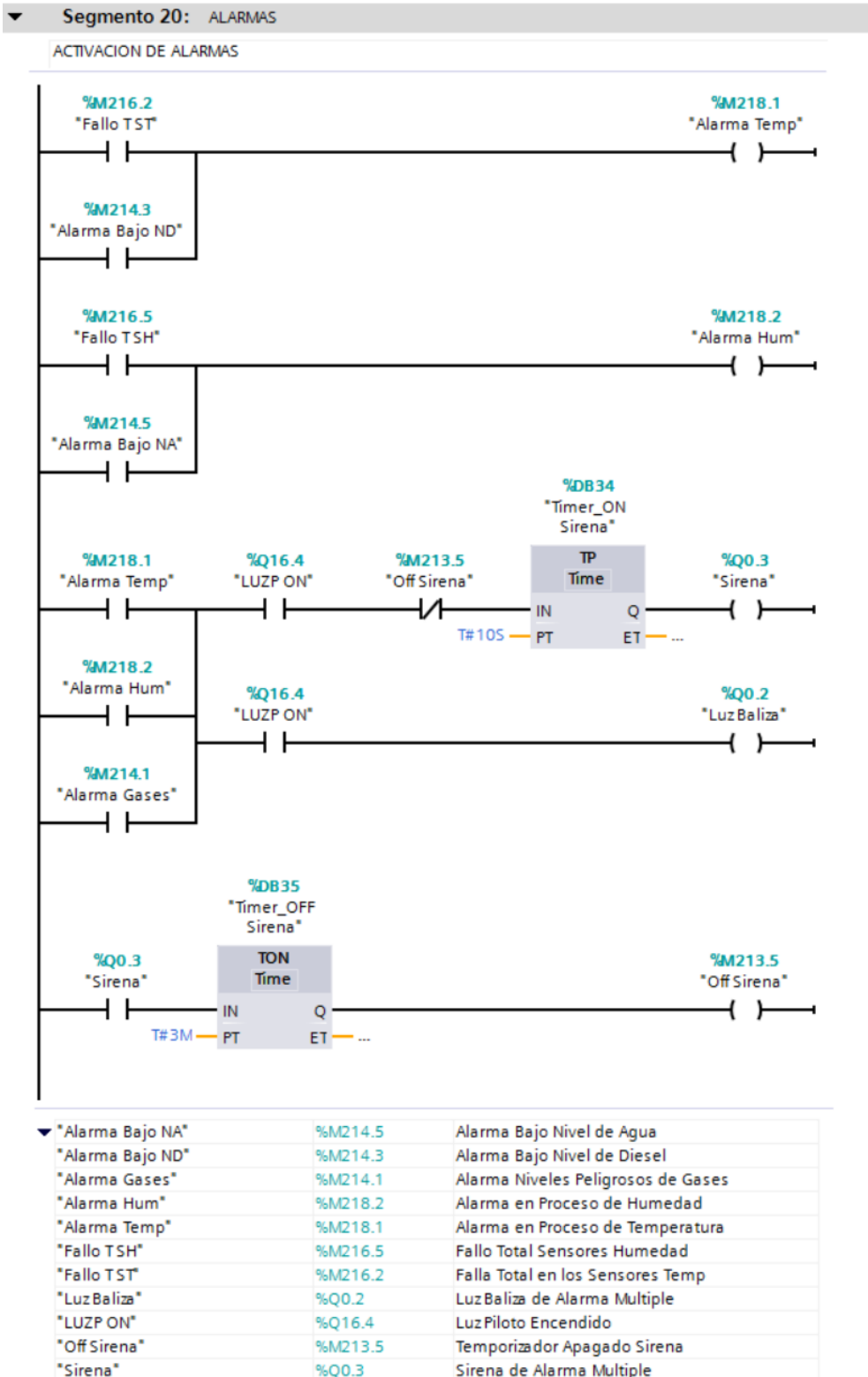
*Alarma Gases*	%M214.1	Alarma Niveles Peligrosos de Gases
*Niveles CO2*	%MD106	Niveles de CO2 Sensados
*Niveles CO*	%MD110	Niveles de CO Sensados
*Niveles NH3*	%MD102	Niveles de NH3 Sensados
*Op Cal SCO2*	%MD105	Operando Calculo Niveles Sensados CO2
*Op Cal SCO*	%MD109	Operando Calculo Niveles Sensados CO
*Op Cal SNH3*	%MD101	Operando Calculo Niveles Sensados NH3
*Sensor CO2 Real*	%MD104	Conversion Real Lectura ADC Sensor CO2
*Sensor CO2*	%IW102	Lectura ADC para el Sensor CO2
*Sensor CO Real*	%MD108	Conversion Real Lectura ADC Sensor CO
*Sensor CO*	%IW116	Lectura ADC para el Sensor CO
*Sensor NH3 Real*	%MD100	Conversion Real Lectura ADC Sensor NH3
*Sensor NH3*	%IW100	Lectura ADC para el Sensor NH3
*SW Ctrl Man Neb*	%M30.1	Switch HMI Control Manual Neb
*SW Ctrl Man Temp*	%M32.2	Switch HMI Control Manual Temp

## Nivel de Líquidos



▼ "Alarma Bajo NA"	<code>%M214.5</code>	Alarma Bajo Nivel de Agua
"Alarma Bajo ND"	<code>%M214.3</code>	Alarma Bajo Nivel de Diesel
"Nivel Agua"	<code>%MD126</code>	Nivel de Agua Sensado
"Nivel Diesel"	<code>%MD124</code>	Nivel de Diesel Sensado
"Op1 Calc SNA"	<code>%MD130</code>	Operando Calculo Nivel Agua Sensado
"Op2 Calc SNA"	<code>%MD132</code>	Operando Calculo Nivel Agua Sensado
"Op3 Calc SNA"	<code>%MD134</code>	Operando Calculo Nivel Agua Sensado
"Op Calc SND"	<code>%MD128</code>	Operando Calculo Nivel Diesel Sensado
"Sensor N Agua R"	<code>%MD122</code>	Conversion Real ADC Sensor Nivel Agua
"Sensor N Agua"	<code>%IW114</code>	Lectura ADC Sensor Nivel Agua
"Sensor N Diesel R"	<code>%MD120</code>	Conversion Real ADC Sensor Nivel Diesel
"Sensor N Diesel"	<code>%IW112</code>	Lectura ADC Sensor Nivel Diesel
"SW Ctrl Man Neb"	<code>%M30.1</code>	Switch HMI Control Manual Neb
"SW Ctrl Man Temp"	<code>%M32.2</code>	Switch HMI Control Manual Temp

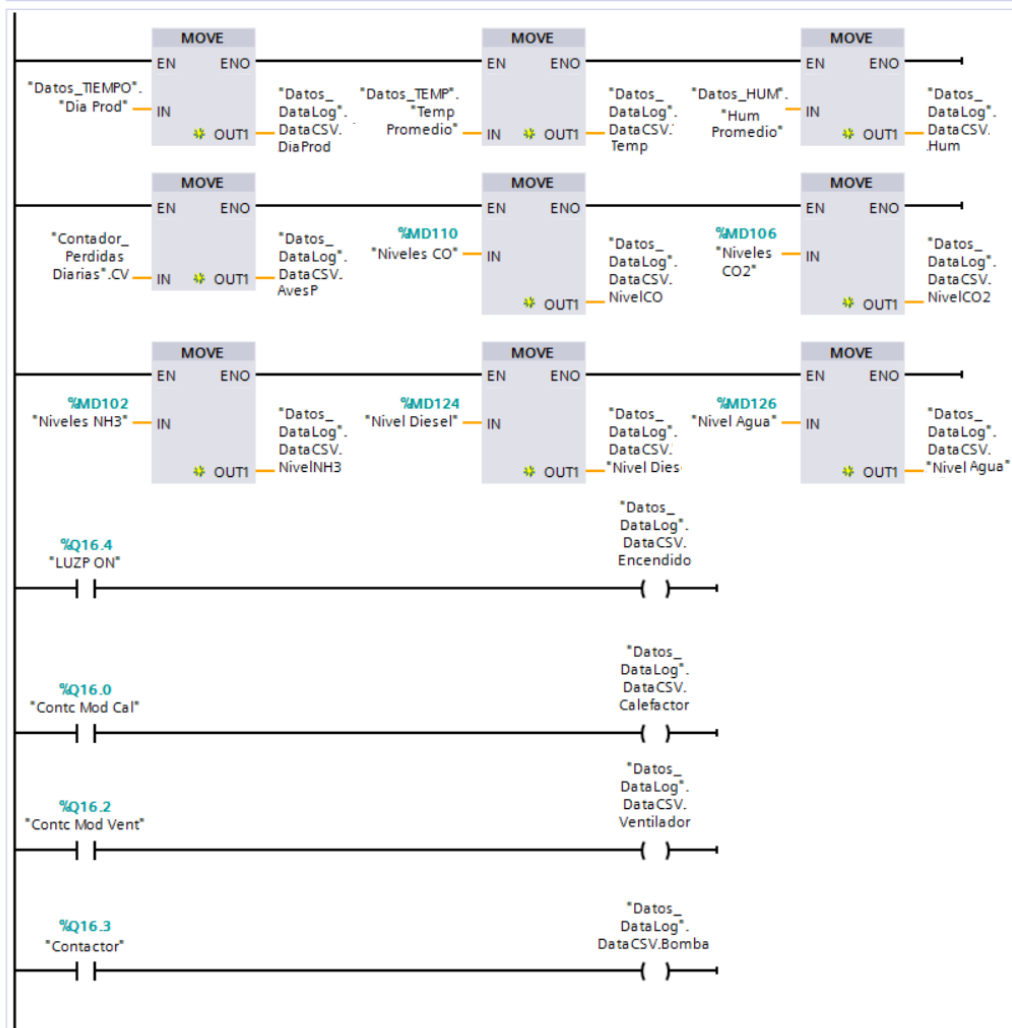
## Activación de Alarmas



### Asignación de Variables para Data logging

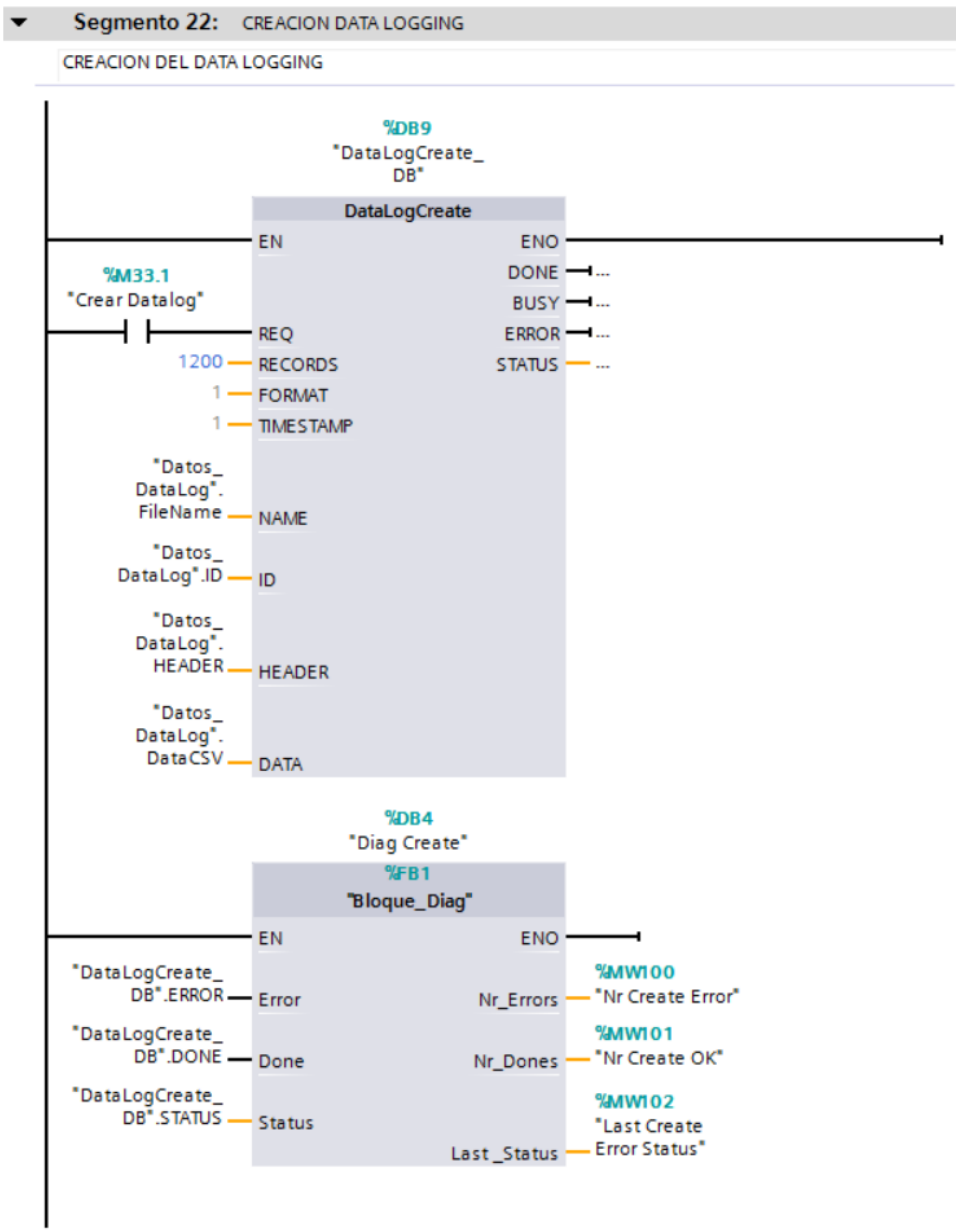
**Segmento 21: VARIABLES DATA LOGGING**

ASIGNACION DE VARIABLES AL BLOQUE DATALOG



Contactor*	%Q16.3	Contactor
*Contador_Perdidas Diarias*.CV		
*Contc Mod Cal*	%Q16.0	Contacto Modo Calefacción
*Contc Mod Vent*	%Q16.2	Contacto Modo Ventilación
*Datos_DataLog*.DataCSV.*Niv...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.*Niv...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.AvesP		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.Bom...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.Cale...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.DiaP...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.Enc...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.Hum...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.Nive...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.Nive...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.Nive...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.Temp		Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.DataCSV.Vent...		Datos para Archivo Datalog
*Datos_HUM*.Hum Promedio*		Humedad Promedio entre Sensores
*Datos_TEMP*.Temp Promedio*		Temperatura Promedio entre Sensores
*Datos_TIEMPO*.Dia Prod*		Día de Producción
*LUZP ON*	%Q16.4	Luz Piloto Encendido
*Nivel Agua*	%MD126	Nivel de Agua Sensado
*Nivel Diesel*	%MD124	Nivel de Diesel Sensado
*Niveles CO2*	%MD106	Niveles de CO2 Sensados
*Niveles CO*	%MD110	Niveles de CO Sensados
*Niveles NH3*	%MD102	Niveles de NH3 Sensados

### Creación del Archivo Datalog

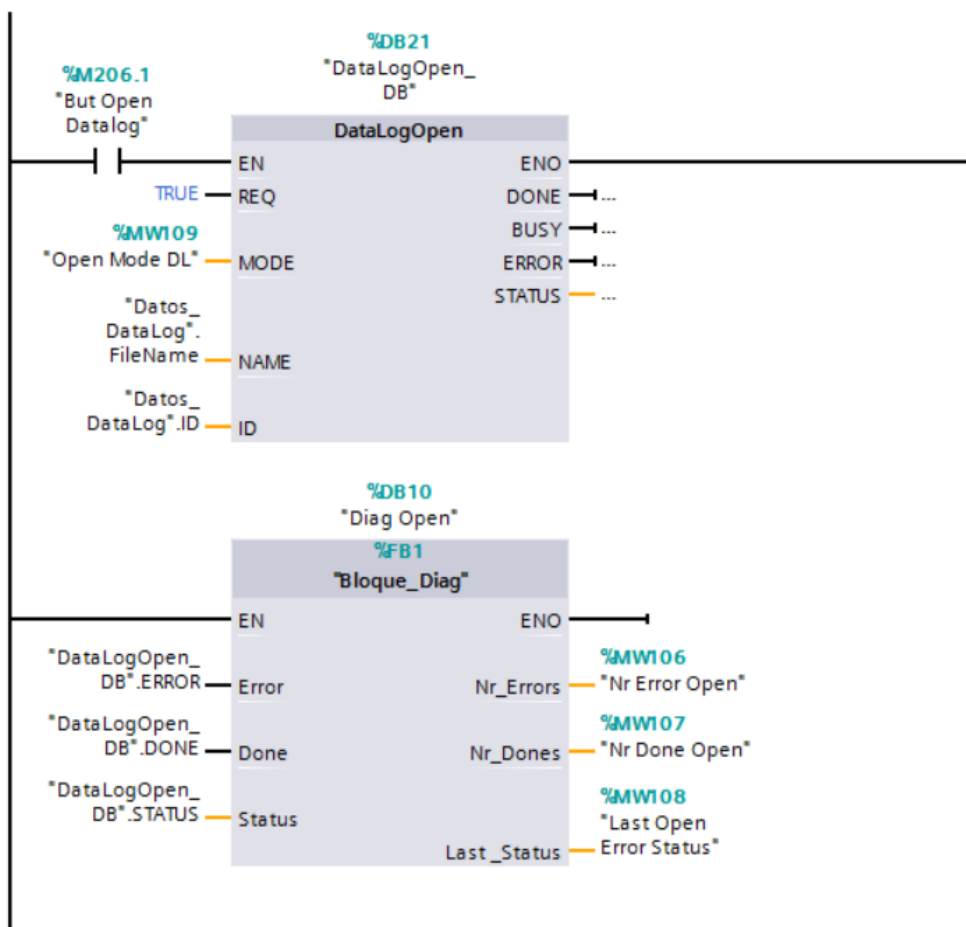


▼ *Crear Datalog*	%M33.1	But HMI Crear Datalog
*DataLogCreate_DB*.DONE		
*DataLogCreate_DB*.ERROR		
*DataLogCreate_DB*.STATUS		
*Datos_DataLog*.DataCSV		Vector Datos para Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.FileName		Nombre Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.HEADER		Encabezado Archivo Datalog
*Datos_DataLog*.ID		Direccion Archivo Datalog
*Last Create Error Status*	%MW102	Ultimo Error de Estado
*Nr Create Error*	%MW100	Error Creacion Datalog
*Nr Create OK*	%MW101	Numero de Creaciones Exitosas

### Apertura del Datalog

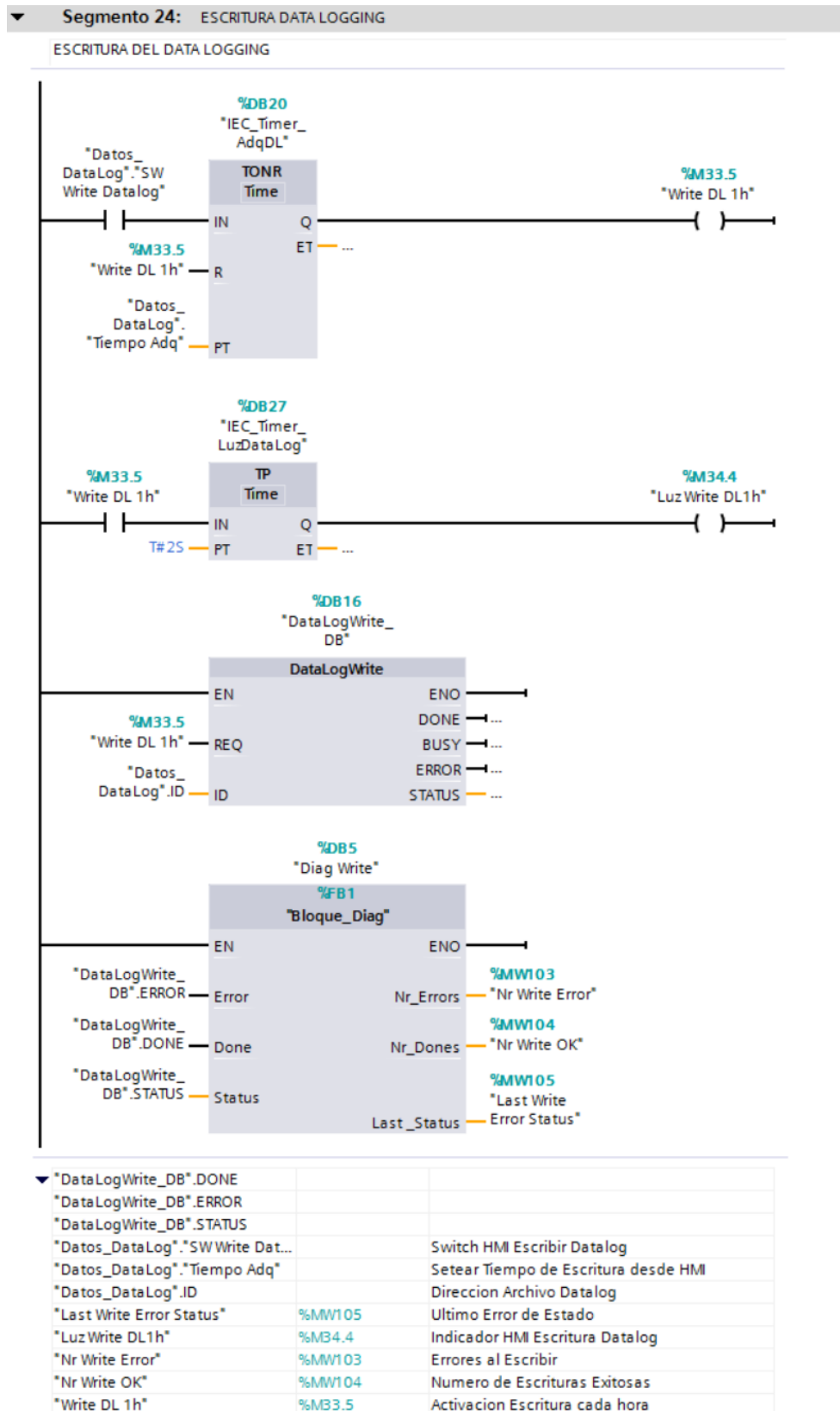
**Segmento 23: APERTURA DATA LOGGING**

APERTURA DEL DATA LOGGING



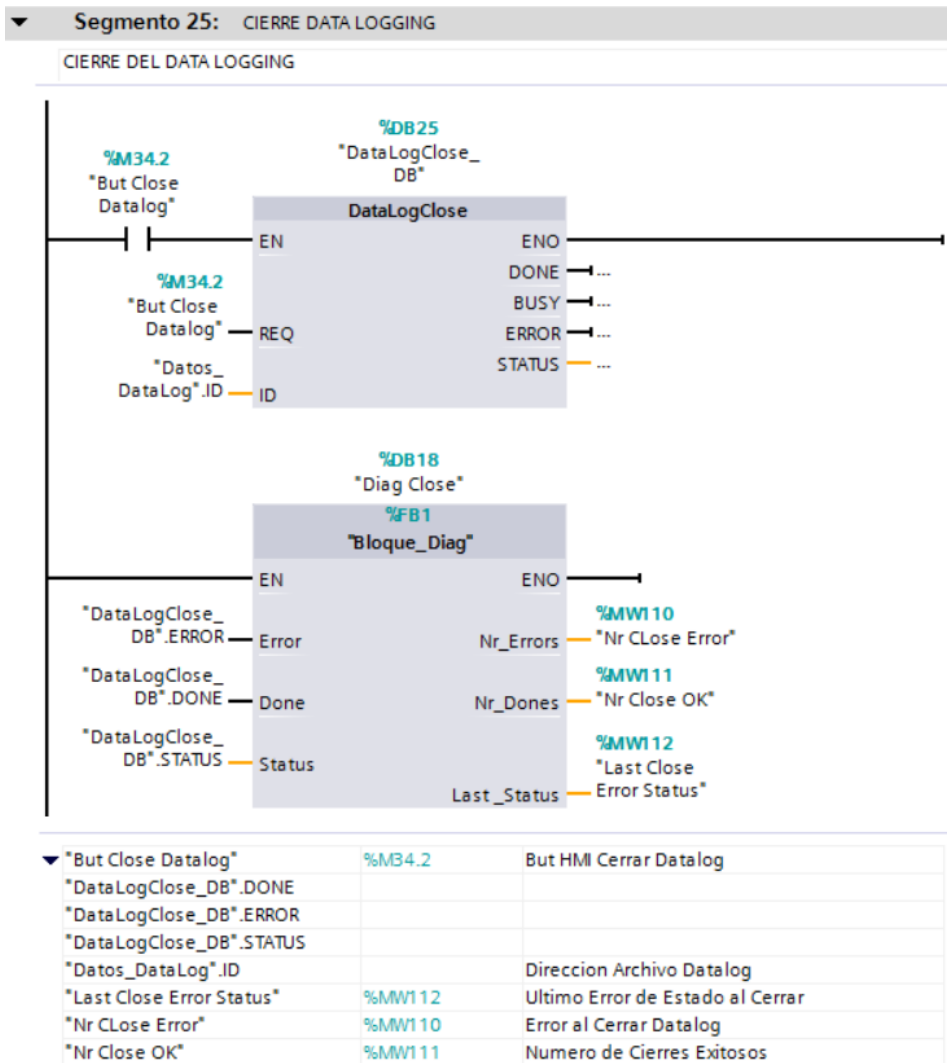
▼ "But Open Datalog"	%M206.1	But HMI Open Datalog
"DataLogOpen_DB".DONE		
"DataLogOpen_DB".ERROR		
"DataLogOpen_DB".STATUS		
"Datos_DataLog".FileName		Nombre Archivo Datalog
"Datos_DataLog".ID		Direccion Archivo Datalog
"Last Open Error Status"	%MW108	Ultimo Error de Estado
"Nr Done Open"	%MW107	Numero de Aperturas Exitosas
"Nr Error Open"	%MW106	Error Abrir Datalog
"Open Mode DL"	%MW109	Modo de Apertura Datalog

## Escritura del Archivo Datalog

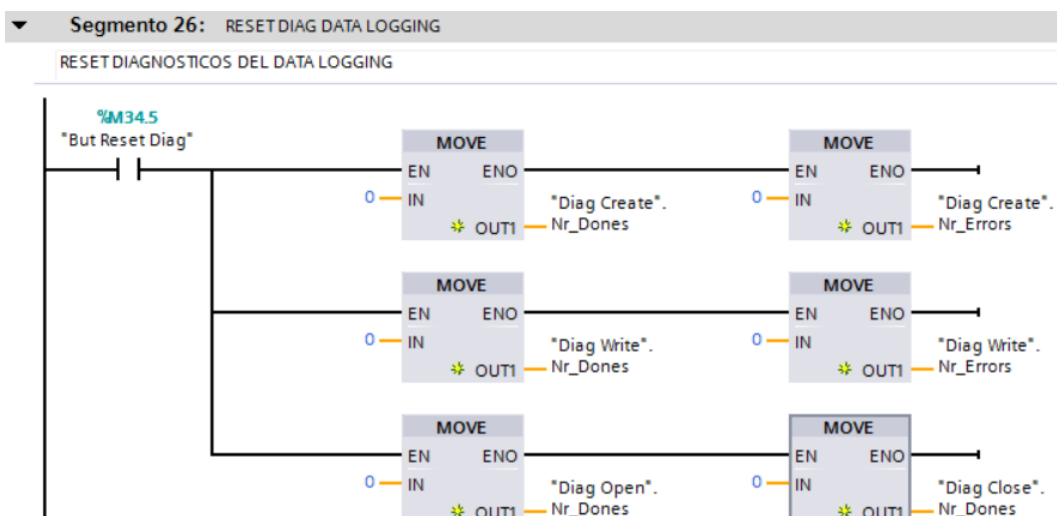




### Cierre del Archivo Datalog



### Reset de Errores del Archivo Datalog



**ANEXO 2**  
**PROGRAMACIÓN POR IMAGENES PANEL HMI KTP600**  
**TIA PORTAL V11 – WINCC BASIC**

Imagen de Raíz - Pantalla Inicial

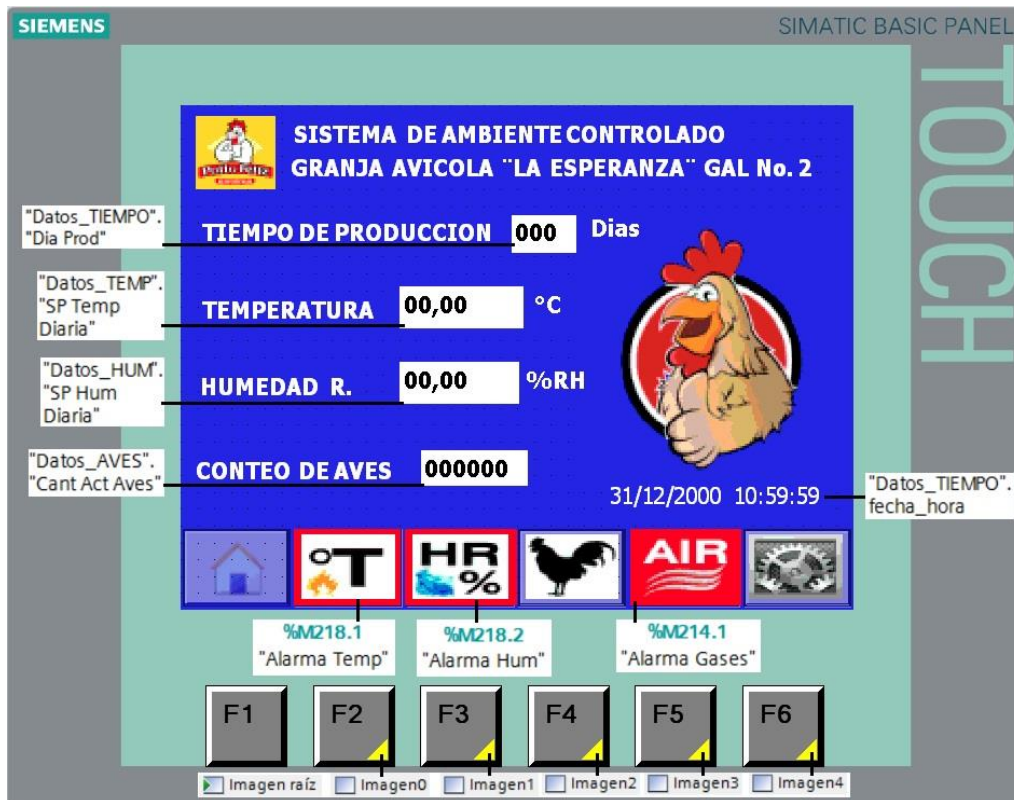


Imagen 0 – Pantalla Sistema de Control de Temperatura

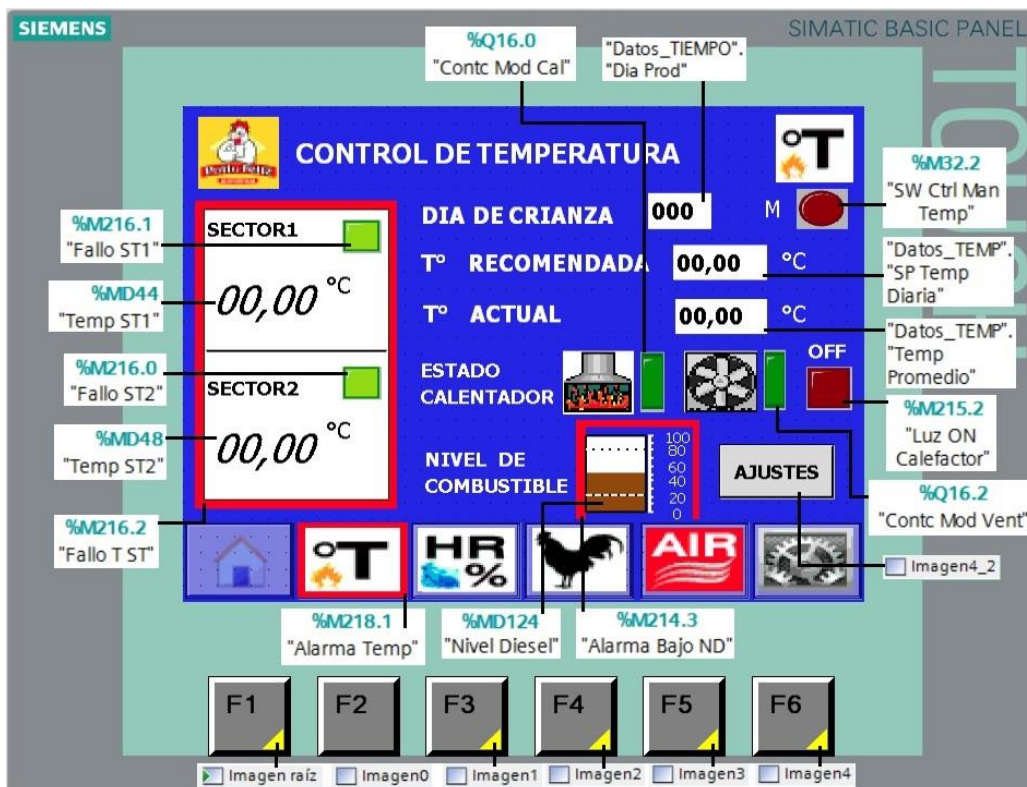


Imagen 1 – Pantalla Sistema de Control de Humedad



Imagen 2 – Pantalla Conteo de Aves Perdidas





Imagen 3 – Pantalla Calidad de Aire



Imagen 4 – Pantalla de Ajustes del Sistema



Imagen 4\_1 – Pantalla de Configuración de Tiempo

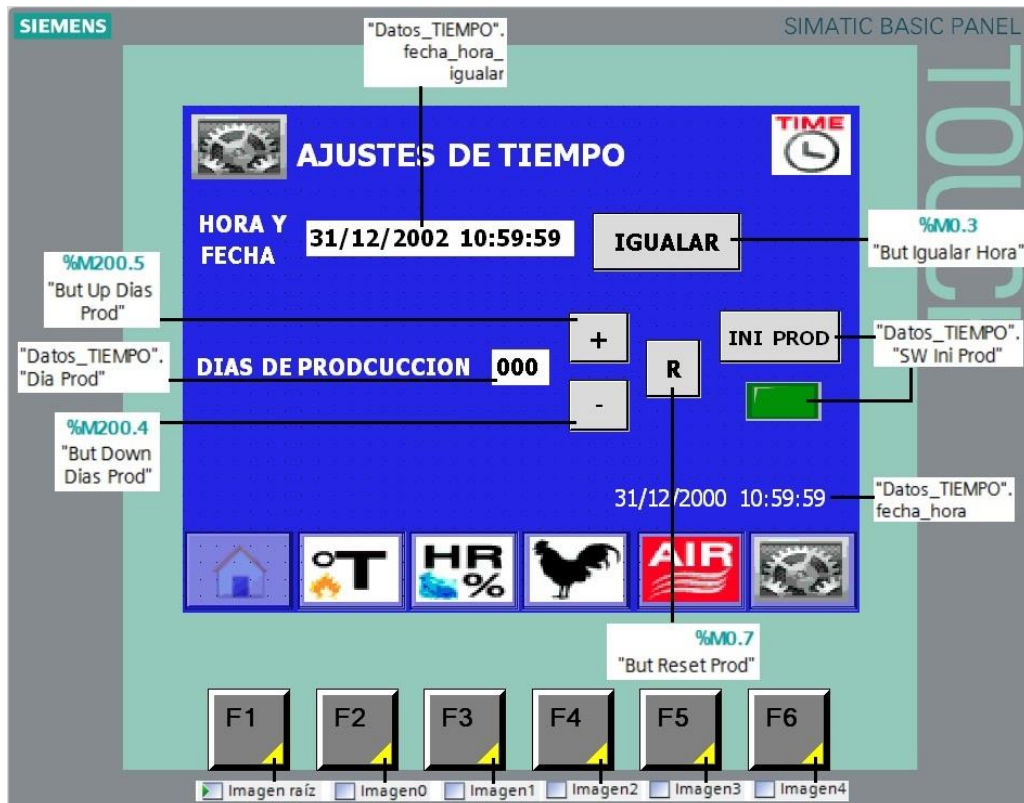


Imagen 4\_2 – Pantalla de Ajustes de Temperatura

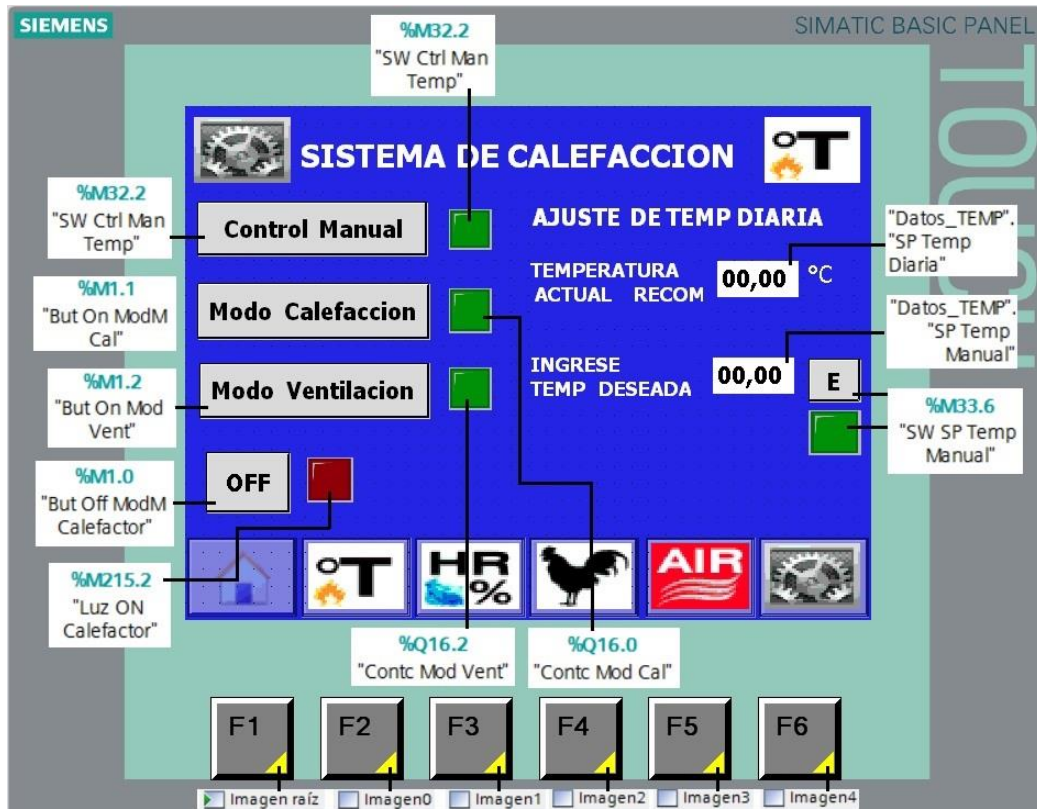


Imagen 4\_3 – Configuración de Humedad

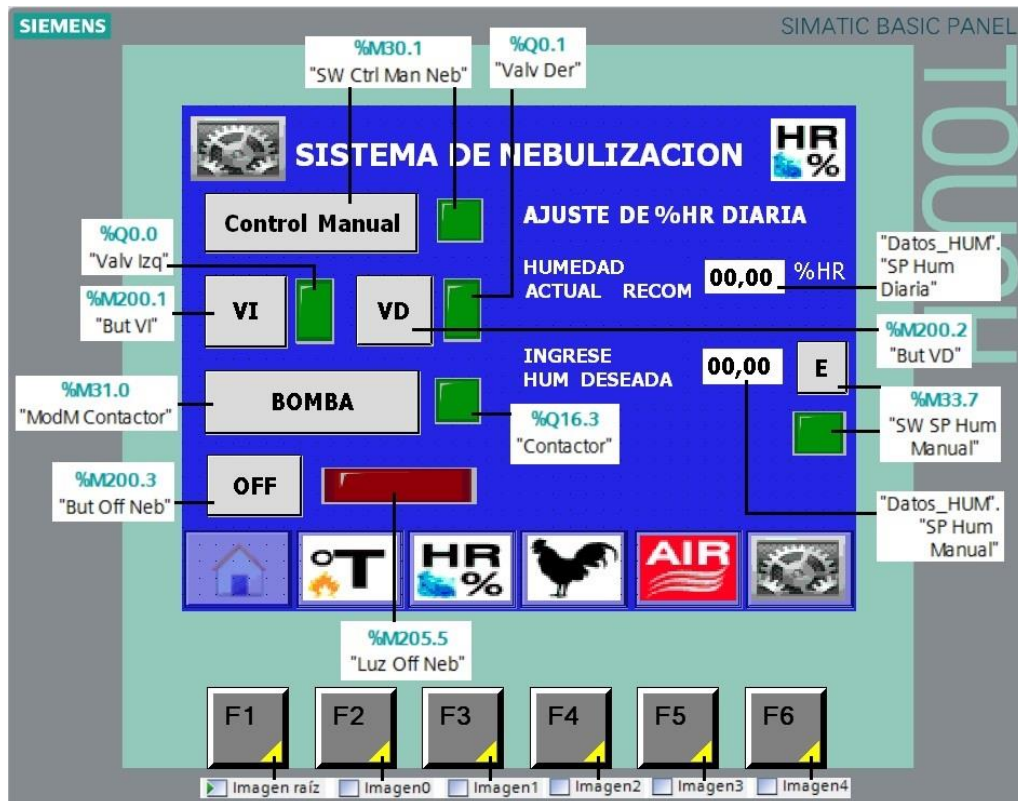
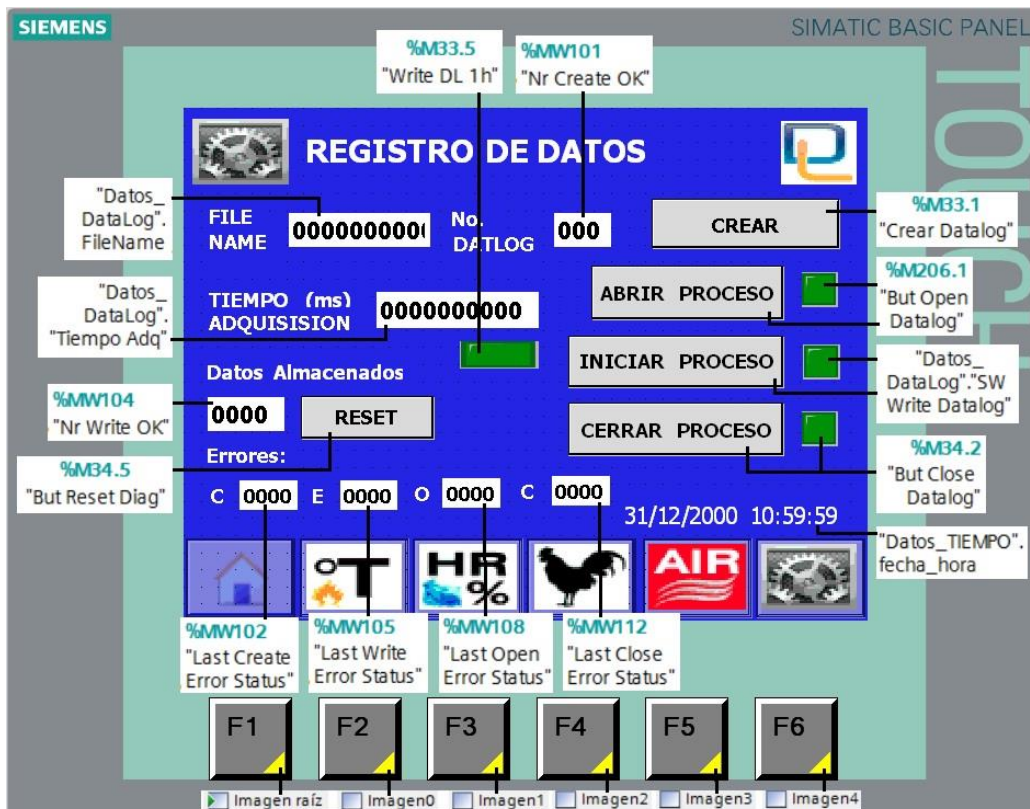


Imagen 4\_4 – Configuración de Data Logging



**ANEXO 3**  
**MANUAL DE USUARIO Y MANTENIMIENTO**



**ANEXO 4**  
**ESQUEMAS ELÉCTRICOS Y DE MONTAJE DEL PROYECTO**

**ANEXO 5**  
**IMÁGENES DEL PROYECTO**

**Granja Avícola “La Esperanza” – Galpón No.2 – Exteriores**







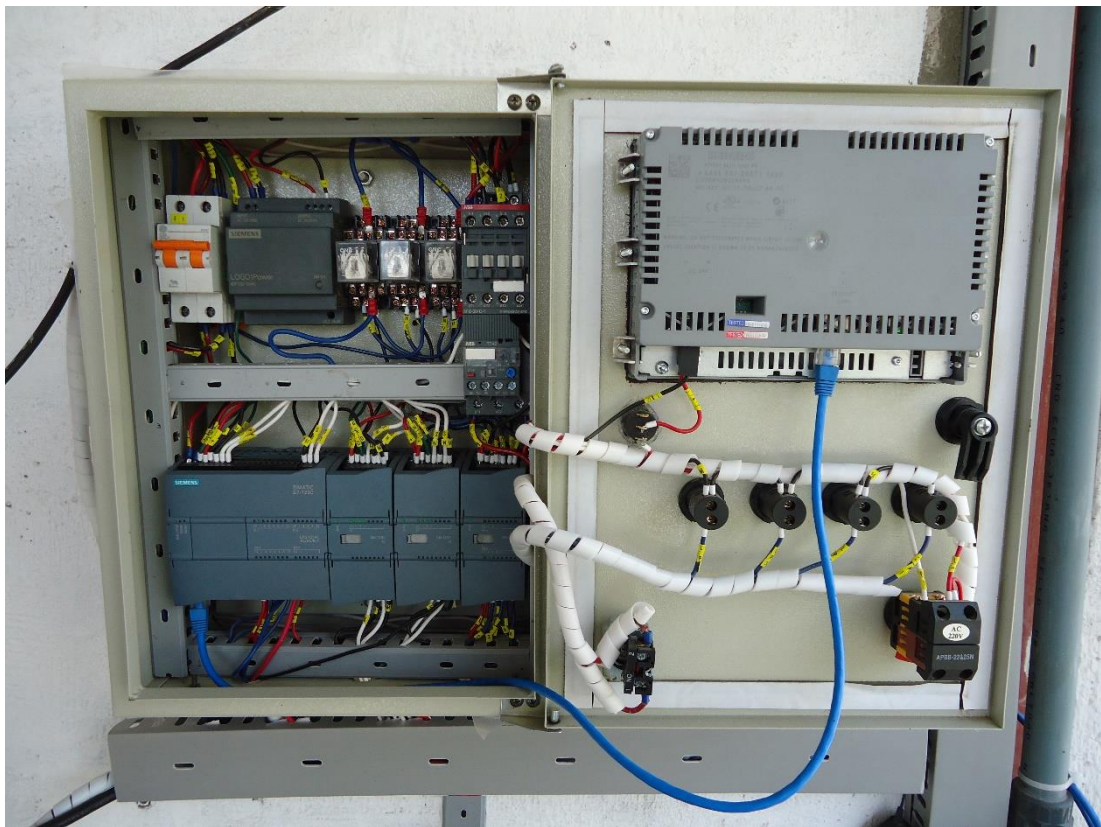


















**Granja Avícola “La Esperanza” – Galpón No.2 – Interiores**













