

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“AUTOMATIZACIÓN DEL GALPÓN DE CRIANZA AVÍCOLA A – 1
DE POLLOS BROILERS DEL IASA
FASE I: DISEÑO, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN PROTOTIPO”**

AUTORES:

GUSTAVO RICARDO EGÜEZ DÁVILA

JAIME DANIEL VÁSCONEZ CÁCERES

QUITO – ECUADOR

2.007

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por los señores GUSTAVO RICARDO EGÜEZ DÁVILA Y JAIME DANIEL VÁCONEZ CÁCERES, como requerimiento parcial a la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO.

ING. HUGO ORTIZ
DIRECTOR

ING. MARIO ORTIZ
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A nuestros Padres y Hermanos por estar siempre presentes, tanto en el desarrollo de este proyecto como a lo largo de nuestras vidas.

A los maestros que nos guiaron a lo largo de nuestros estudios, en especial al Ingeniero Mario Ortiz y al Ingeniero Hugo Ortiz, quienes nos guiaron y compartieron con nosotros sus conocimientos y experiencias, gracias a ustedes se ha podido concretar este trabajo.

A nuestras familias y amigos, por que hemos podido contar con ellos, siempre apoyándonos y alentándonos en nuestro engrandecimiento tanto personal como cognitivo, a todos muchas gracias.

DEDICATORIA

Para las personas que a lo largo de mi vida fueron guías, apoyos y me impulsaron en momentos de desaliento para sortear los obstáculos que impedían el cumplimiento de mis aspiraciones. Este trabajo es el fruto de su dedicación y una pequeña forma de retribuirles por toda una vida llena de amor. Con especial cariño, este proyecto es dedicado a mis padres, hermanos, familiares y amigos quienes me han apoyado a lo largo del mismo.

Jaime Daniel Vásconez Cáceres

El presente trabajo que es el compendio del esfuerzo de 6 años se lo dedico a mis padres, por la tenacidad, amor, comprensión, esfuerzo y apoyo que a lo largo de mi vida me han brindado, por ser parte de las estrellas del universo de mi vida y los representantes de Dios ante mis ojos. Los amo.

A mis hermanas por su carisma y voluntad, actitudes que me ayudaron a tomar fuerzas y salir adelante en momentos de debilidad y cansancio. Son mi tercera y cuarta estrella.

Al amor de mi vida, a la persona que completó mi universo y que me apoyó con gran voluntad para que este proyecto y mi carrera se desarrollen, a ti te agradezco por existir y ser como eres, por regalarme tu mirada todo este tiempo. Te amo.

A mi compañero de tesis por soportar y saber entender todos los disparates que a lo largo del proceso se me ocurrieron y por siempre saber tenderme una mano.

Gustavo Ricardo Egüez Dávila

PROLOGO

El presente proyecto se desarrolla con el objetivo de controlar parámetros climáticos y de alimentación del galpón “A-1” por medio de la automatización de los procesos de esta planta avícola.

Se diseña un sistema de control de temperatura, humedad y alimentación y se implementan los dos primeros en un galpón a escala 1:10 del real.

Se implementa también el sistema de supervisión y control remoto (SCADA) del proceso. La comunicación se realiza con modems RF que enlazan la computadora y el controlador central (PLC).

Se incluye en este proyecto un análisis de pruebas y resultados de los sistemas implementados dejando así un precedente para futuros trabajos a escala real en el mismo galpón.

Se presenta un análisis de costo – beneficio del proyecto resaltando los indicadores financieros (VAN y TIR) que justifican la inversión.

El trabajo pretende familiarizar también a la Carrera de Ciencias de la Vida con tecnologías existentes en el mercado que ayudan a su mejor desempeño productivo y profesional.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	2
1.3. ALCANCE	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. RESUMEN	4

CAPÍTULO 2

REQUERIMIENTOS FÍSICOS PARA LA CRIANZA AVICOLA

2.1. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES	6
2.1.1. Requerimientos de Temperatura	6
2.1.2. Control de las Altas Temperaturas	9
2.1.3. Regulación Corporal de la Temperatura del Ave	11
2.1.4. Factores que influyen en la Respuesta del Ave al Calor	13
2.1.4.1. La Edad y El Peso Vivo	13
2.1.4.2. La Aclimatación al Calor	13
2.1.4.3. El Componente Genético	13
2.2. MEDIOS PARA REDUCIR EL IMPACTO DE LAS ALTAS TEMPERATURAS	13
2.2.1. Sistema de Ventilación	13

2.2.2. Manejo de la Alimentación	14
2.3. VENTILACIÓN	15
2.4. HUMEDAD RELATIVA	17

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

3.1. CONTROL DE TEMPERATURA POR FLUJO DE AIRE	19
3.2. CONTROL DE HUMEDAD POR FLUJO DE AIRE	22
3.3. RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA Y HUMEDAD	23
3.4. VENTILACIÓN TIPO TÚNEL	23
3.5. VENTILACIÓN MINIMA	24
3.6. DISEÑO DEL SISTEMA	25
3.6.1. Descripción de la planta	25
3.6.2. Requerimientos de la planta	25
3.6.3. Diseño del control de temperatura y humedad	26
3.6.3.1 Requerimientos	26
3.6.3.2 Ubicación de dispositivos	27
3.6.3.3 Instrumentación	27
3.6.3.4 Descripción de la técnica de control	28

CAPÍTULO 4

SISTEMA DE CONTROL PARA LA ALIMENTACIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN	39
4.2. ANALISIS DE DISPOSITIVOS DE ALIMENTACIÓN MECÁNICOS Y ELECTRÓNICOS INSTALADOS	39
4.2.1. Tolva	40
4.2.2. Línea de Transporte	40
4.2.3. Platos o Comederos	41
4.2.4. Plato de Control o Plato Sensor	42
4.2.5. Motor	43
4.2.6. Sistema de Suspensión	43

4.3. DISEÑO DEL SILO	44
----------------------	----

CAPÍTULO 5

SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL REMOTO

5.1. INTRODUCCIÓN A LA INTERFAZ HUMANO MAQUINA	48
5.2. REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ HUMANO MAQUINA DEL GALPÓN “A-1” DEL IASA	50
5.3. INTERFAZ HUMANO MAQUINA (HMI) DEL GALPON “A-1” DEL IASA	52
5.4. INTRODUCCIÓN AL RADIO ENLACE	60
5.5. DISEÑO DEL RADIO ENLACE	62

CAPÍTULO 6

SIMULACION DEL SISTEMA

6.1. SIMULACIÓN DE LA PLANTA	65
6.1.1. Reacondicionamiento de la Planta	65
6.2. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	66
6.2.1. Requerimientos	66
6.2.1.1 Control de Temperatura	66
6.2.1.2 Control de Humedad	66
6.2.1.3 Ubicación de Dispositivos	66
6.2.1.4 Instrumentación	67
6.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA IMPLEMENTADO	69
6.3.1. Controlador Lógico Programable	69
6.3.1.1 Función	69
6.3.1.2 Funcionamiento	70
6.3.1.3 Hardware	70
6.3.1.4 Software	71
6.3.2. Motores de cortinas	90
6.3.2.1 Función	90
6.3.2.2 Funcionamiento	90

6.3.2.3 Hardware	91
6.3.3. Sensores inductivos	91
6.3.3.1 Función	91
6.3.3.2 Funcionamiento	91
6.3.3.3 Hardware	91
6.3.4. Extractores de ventilación mínima	92
6.3.4.1 Función	92
6.3.4.2 Hardware	92
6.3.5. Extractores tipo túnel	92
6.3.5.1 Función	92
6.3.5.2 Hardware	92
6.3.6. Sensor de temperatura y humedad	92
6.3.6.1 Función	92
6.3.6.2 Funcionamiento	93
6.3.6.3 Hardware	93
6.3.7. Tarjeta de acondicionamiento de sensor de temperatura y humedad	93
6.3.7.1 Función	93
6.3.7.2 Funcionamiento	93
6.3.7.3 Hardware	94
6.3.7.4 Software	94

CAPÍTULO 7

PRUEBAS Y RESULTADOS

7.1. PRUEBAS DE LOS QUEMADORES	95
7.1.1. Tolerancia de la maqueta al efecto de los quemadores	95
7.2. PRUEBA DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA	95
7.2.1. Determinación de la exactitud del sensor	95
7.3. PRUEBA DE LA TARJETA DE INTERFAZ	96
7.3.1. Prueba de continuidad	96
7.3.2. Prueba de corriente inducida	97
7.4. PRUEBA DEL PROGRAMA DEL PLC	97
7.4.1. Prueba del modo de Humedad	97
7.4.2. Prueba de modo de calentamiento	98

7.5. PRUEBA DE TEMPERATURA DEL PROCESO	98
7.6. PRUEBA DE HUMEDAD DEL PROCESO	100
7.7. LA INTERFAZ GRÁFICA	100
7.7.1. Pruebas Realizadas	100
7.7.2. Correcciones Realizadas	101

CAPÍTULO 8

ESTUDIO COSTO BENEFICIO

8.1. DESCRIPCIÓN DE COSTOS	102
8.2. DETALLE DEL COSTO DE INVERSIÓN	103
8.3. DETALLE DEL ÍNDICE DE CONVERSIÓN	103

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES	107
9.2. RECOMENDACIONES	108

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1 DISPOSICION DE LA PLANTA

ANEXO 2 PLANTA REMODELADA

ANEXO 3 SILO DEL GALPÓN

ANEXO 4 PLANTA A ESCALA

ANEXO 5 *PLANTA REMODELADA A ESCALA*

ANEXO 6 *DIAGRAMA P&ID*

ANEXO 7 *DIAGRAMA DE BLOQUES*

ANEXO 8 *CONEXIONES DEL PLC*

ANEXO 9 *CORTINAS DE TÚNEL*

ANEXO 10 *CONEXIONES ELECTRICAS CONTROL DE CORTINAS*

ANEXO 11 *SENSORES INDUCTIVOS (CORTINAS)*

ANEXO 12 *CONEXIONES ELÉCTRICAS DE SENSORES INDUCTIVOS
(CORTINAS)*

ANEXO 13 *CONEXIONES ELÉCTRICAS DE EXTRACTORES DE
PRESIÓN NEGATIVA*

ANEXO 14 *CONEXIONES ELÉCTRICAS DE EXTRACTORES DE TÚNEL*

ANEXO 15 *CONEXIONES ELÉCTRICAS DE SENSOR T/HR*

ANEXO 16 *CIRCUITO DE TARJETA DE INTERFAZ*

ANEXO 17 *PROGRAMA DE MICROCONTROLADOR DE INTERFAZ DE
SENSOR T/HR*

ANEXO 18 *COSTOS DE INVERSION DEL PROYECTO*

ANEXO 19 *DATASHEETS*

DATASHEET 1 DATASHEET PLC

DATASHEET 2 DATASHEET SENSOR T / HR

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La Escuela Politécnica del Ejército y las personas que la conforman son entes activos de la sociedad y deben, dentro de su campo, promulgar el desarrollo de tecnología propia que pueda reemplazar a los complejos sistemas que se adquieren en el mercado internacional que tienen desventajas claras como dificultad en la escalabilidad y flexibilidad.

El presente trabajo se encuentra inspirado en el apoyo para el desarrollo avícola del país, utilizando tecnología propia, con el fin de mejorar la calidad de los productos de este sector mediante el control de parámetros externos.

Teniendo un sistema automatizado se pueden mejorar los parámetros zootécnicos de las aves llegando también a producirlas a mayor escala teniendo un mejor control con una mayor cantidad de aves.

Al mejorar la productividad, de manera directa se incrementa la eficiencia de la producción ya que se aprovechan de mejor manera los recursos humanos y monetarios para lograr producir de la forma deseada.

El IASA dispone de un galpón avícola que se lo puede tomar como prototipo para el desarrollo de automatización de los aspectos más importantes e influyentes en la crianza de pollos, tomando en cuenta esta gran oportunidad busca desarrollar un sistema del que la ESPE sea propietaria y que en un futuro

pueda ser implementada a escala real y comercializada logrando de esta manera acrecentar la autogestión de la escuela.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El proyecto que se propone tiene varias ventajas que justifican su desarrollo y simulación. En general esta orientado a incrementar la competitividad del IASA en el sector de crianza avícola.

Entre los principales aspectos a destacar que justifican la realización del proyecto se tiene:

- Se propone un sistema automatizado basado en las necesidades de la zona. Este sistema tendrá como ventajas la facilidad en el mantenimiento, flexibilidad y como centro de capacitación de la carrera.
- El diseño que se plantea quedaría como propiedad de la Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE) con lo que se puede en un futuro impulsar autogestión.
- Integrar las especialidades de la Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE), mediante el aporte tecnológico del Departamento de Eléctrica y Electrónica hacia proyectos que se ejecuten en la Carrera de Ciencias de la Vida.
- La automatización y control de parámetros ambientales ayudan al mejor desarrollo de las aves y por consiguiente mejoran los índices productivos.
- Al usar tecnología ecuatoriana y diseño a cargo de la Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE) se logra reducir los costos de implementación de sistemas automáticos para la crianza de aves.

Se mejora de manera directa la productividad y eficiencia en la producción debido a la poca afección de los parámetros climáticos en el desarrollo de las aves.

1.3. ALCANCE

El presente trabajo busca desarrollar en forma de prototipo un galpón a escala, por consiguiente, el sistema de control de temperatura y humedad y el sistema de supervisión y control remoto serán implementados en la maqueta bajo condiciones similares a las que en la realidad se manejarían.

En cuanto a instrumentación en el proyecto de simulación se utilizarán sensores de tipo OEM (Previos a manufactura), estos sensores no tienen salidas estándares dentro de la industria, por lo que se realizará una interfaz mediante microcontroladores, tampoco poseen certificaciones ambientales. Los actuadores se elaborarán específicamente para el proyecto, los calentadores serán eléctricos y las cortinas funcionarán con riel y motores. Los extractores serán pequeños, escalados en tamaño y capacidad de extracción respecto a los modelos reales.

Respecto a la planta (Maqueta del galpón), se elaborará en acrílico transparente y madera con una forma rectangular, simulando el galpón ya con su colchón de aire de aislamiento.

El controlador será un PLC similar al recomendado para el control en la realidad, y la telecomunicación se realizará por medio de un radio módem que simulará cualquier tipo de módem ya sea este satelital, celular o de RF.

El funcionamiento del proceso será igual al de la realidad simplemente que escalado, este particular del modelo permitirá tener una eficiente herramienta práctica de investigación para una futura implementación a escala real.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar y simular la automatización del galpón “A-1” de crianza avícola de pollos broilers del IASA

1.4.2. Objetivos Específicos

- Estudiar el galpón “A-1” del IASA para su automatización
- Diseñar un sistema automático de control de temperatura y humedad
- Diseñar un sistema automático de alimentación para las aves
- Diseñar un sistema de supervisión y control remoto que permita monitorear y operar el proceso desde las aulas u oficinas
- Construir un galpón a escala e implementar en él todos los sistemas diseñados
- Analizar la operación de los sistemas en base a simulaciones
- Elaborar documentación técnica sobre el sistema

1.5. RESUMEN

En la crianza de aves es de suma importancia optimizar el manejo de la alimentación y control de las condiciones medioambientales, lo cual permitirá obtener un producto final de alta calidad que cumpla con estándares establecidos.

Esto se logra a través del correcto aprovechamiento del alimento, el cual depende de los procesos biológicos de asimilación que están relacionados con la

temperatura del medioambiente. De esta manera, controlando adecuadamente el microclima, la cual influye directamente en la temperatura corporal del ave, se puede favorecer su comportamiento, mejorando la calidad representada en tamaño y rapidez de crecimiento.

El presente proyecto es el diseño e implementación de un prototipo de galpón a escala que sirve para simular la realidad.

Dentro del modelo se implementan los sistemas de control de temperatura y humedad, supervisión y control remoto que servirán como interfaz hacia el usuario o criador.

Además se encuentra el estudio del proceso de alimentación, para automatizarlo en su totalidad, analizando el sistema ya instalado y observando la posibilidad de la implementación de otros sistemas que complementen la alimentación y simplifiquen su procedimiento para este tamaño de galpón.

Con el presente trabajo se pretende crear las condiciones medioambientales ideales para la crianza de aves. Esto se puede lograr mediante la automatización y control electrónico de los principales factores que influyen directamente en los resultados a obtenerse. Esto es factible al diseñar e implementar un prototipo a escala que servirá para simular el funcionamiento en condiciones reales.

CAPÍTULO 2

REQUERIMIENTOS FÍSICOS PARA LA CRIANZA AVÍCOLA

2.1. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Para un óptimo desempeño es esencial que el ambiente del galpón cumpla los requerimientos de las aves.

A las aves se les debe proporcionar: espacio, alimentación, iluminación ventilación y manejo adecuado, para de esta manera alcanzar el máximo de rentabilidad.

2.1.1. Requerimientos de Temperatura

La temperatura determina en un momento dado el nivel de utilidades de una operación avícola.

Entre 10 a 20° C se encuentra la zona de neutralidad térmica de las aves, a menos de 10° C, las aves comen más y requieren mayores niveles de energía para mantener la temperatura del organismo; a más de 20° C, disminuye la necesidad de utilizar la energía del organismo, y con una temperatura superior a 30° C, las aves son cada vez más incapaces de afrontar la situación de baja humedad y ocurre evaporación, lo cual produce un efecto refrescante en las aves.

Cuando la temperatura ambiental es alta, las aves salen de la zona de termo-neutralidad, por lo que necesitan realizar cambios metabólicos para mantener su temperatura corporal. Los mecanismos que tienen las aves para eliminar calor al ambiente son: radiación, conducción, convección y evaporación.

Para utilizar dichos mecanismos, las aves modifican su comportamiento y producen un esponjamiento de las plumas con el fin de permitir el paso del aire y extienden las alas, pues en la parte ventral existe una zona de apterillos y se localizan superficialmente grandes vasos sanguíneos, lo cual facilitará la eliminación de calor; asimismo, provocarán tener en contacto con el piso la mayor superficie corporal posible y se incrementará el jadeo y la evaporación a través de la piel, la cual es muy delgada y compensa en parte la carencia de glándulas sudoríferas.

Las aves tienden a consumir menos alimento en días cálidos que en fríos, siempre y cuando se les administre la misma fórmula alimenticia. Por ello, se deben proporcionar diferentes raciones alimenticias para verano e invierno, ya que el ave consume alimento para satisfacer necesidades energéticas; con alimento alto en energía durante el verano, las aves consumirán menos alimento y, lógicamente, menos cantidad de otros nutrientes. Durante el invierno, las aves consumirán más cantidad de alimento si este es pobre en energía y automáticamente más cantidad del resto de nutrientes, lo cual, en el más sencillo de los casos, aumenta el costo de producción por concepto de alimentación. Si se emplean adecuadamente los recursos de una nutrición exacta de las aves, el nivel productivo se mantendrá estable y rendirá un mayor índice de utilidades.

Son muy numerosas las experiencias efectuadas para estudiar las temperaturas ideales para la crianza de pollos, tanto si se trata de broilers como de pollitas de reemplazo, por lo que debemos indicar que las temperaturas ideales para la primera semana se hallan entre los límites de 30 a 36 °C, pudiendo reducirse de 3 a 5 °C en cada semana subsiguiente, discrepancias que podrían explicarse por los diferentes niveles de humedad empleados por la presencia de corrientes de aire, etc.

A la vista de experiencias efectuadas y de observaciones prácticas realizadas en el Departamento de Ciencias de la Vida, las temperaturas del foco calorífico que se recomienda son las encontradas en la tabla 2.1

Tabla. 2.1. Temperatura Recomendada

PERIODO	°C
Dos primeros días	33
Resto de la primera semana	30
2ª semana	29
3ª semana	26 – 28
4ª semana	23 – 25
5ª semana	20 – 22

En general cuanto mas se separen las temperaturas de crianza de las aquí recomendadas, mas lento será el crecimiento, peor emplume menor eficiencia del pienso, etc.

Por cada grado de aumento de temperatura de la nave superior a los 25°C, el consumo de alimento disminuye en 1 hasta 1.5 %, por lo cual se debe administrar la ración alimenticia de acuerdo con la disminución del consumo de alimento que existe.

Las altas temperaturas superiores a los 32°C provo can estados de tensión en las aves, reducen la productividad e incluso provocan la muerte, lo cual depende de lo siguiente:

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

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

- Pérdida de 18 a 20 % de peso corporal
- Se reduce el consumo de alimento de 10 a 20 %
- Empeora la conversión alimenticia en 0,1
- Aumentan de 20 a 25 % los pollos de segunda
- Empeora la pigmentación de 0,5 a 1

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

- Construir la nave bien orientada para que los rayos solares no penetren por las ventanas.
- Pintar de color blanco los techos de las naves, lo que ayuda a dar mayor luminosidad.
- Utilizar rociadores sobre el techo de la nave para rociar agua durante las horas más calurosas.
- Adaptar placas de polietileno en la porción inferior del techo de la nave.
- Adaptar ventiladores o abanicos en el centro de la nave.
- Procurar movimiento adecuado del aire.
- Reducir la densidad de población.

2.1.2. Control de las Altas Temperaturas

Las gallinas son animales de sangre caliente -homeotermos-, es decir, con capacidad para mantener su temperatura interna con bastante uniformidad

(41,4°C). Sin embargo, esta capacidad solo es eficiente, siempre y cuando la temperatura ambiente se mantenga dentro de unos límites, ya que son incapaces de adaptarse a temperaturas muy extremas.

Uno de los problemas más frecuentes en épocas calurosas en las explotaciones avícolas son las altas temperaturas que se alcanzan en el interior de la nave, provocando un verdadero estrés a los animales, por su incapacidad de adaptación a esta nueva situación, causando en muchas ocasiones la muerte de los animales por asfixia o golpe de calor. El estrés se desencadena en las aves cuando la combinación de humedad relativa y temperatura ambiente superan la "zona termo-neutral". Conforme aumentan estas dos variables, la capacidad del ave para disipar el calor disminuye considerablemente.

Debido a este estrés térmico la industria avícola no consigue alcanzar su máximo desarrollo en aquellas regiones más calurosas. Ya que al aumentar la temperatura corporal del ave, se reduce el consumo de pienso, el crecimiento, el tamaño del huevo, la calidad de la cáscara y empeora el índice de conversión. Junto con un aumento del porcentaje de mortalidad de los animales la temperatura ambiente a la que son sometidas, tal y como se muestra en la tabla 2.2.

Tabla.2.2. Influencia de la temperatura ambiente sobre el comportamiento de las aves y la aparición del estrés térmico

Rango de temperaturas	Efecto sobre las aves
12.5 – 24 °C	Zona termoneutra. Es el rango de temperatura en las cuales las aves no necesitan alterar su metabolismo basal o cambiar sus pautas etológicas para mantener su temperatura corporal
18 – 24 °C	Zona de confort para las aves.
24 – 30 °C	Ligera reducción en el consumo de pienso, pero la ingesta de nutrientes sigue siendo la adecuada por lo que las producciones no se ven afectadas. Con temperaturas próximas a los 30°C puede haber reducción en el tamaño del huevo y pérdida de la calidad de la cáscara.

Tabla.2.2. Influencia de la temperatura ambiente sobre el comportamiento de las aves y la aparición del estrés térmico (Continuación)

Rango de temperaturas	Efecto sobre las aves
32 – 35 °C	El consumo de pienso continúa disminuyendo. Postración de las aves, especialmente de las pesadas y mas productivas. A estas temperaturas los mecanismos de refrigeración y/o enfriamiento de la nave deben ponerse en marcha
35 – 38 °C	La postración de las aves es mas frecuente. Se hace necesario tomar medidas radicales de lucha contra el calor. El consumo de pienso puede verse reducido hasta la cuarta parte. El consumo de agua es muy elevado
Mas de 38 °c	El porcentaje de mortalidad puede ser muy elevado si no se toman medidas drásticas para enfriar a los animales.

Por lo tanto, dadas las repercusiones que pueden tener las altas temperatura en las explotaciones avícolas, se hace necesario desarrollar una serie de medidas preventivas y adoptar una serie de soluciones cuando la presencia del estrés térmico sea íntimo, ambos aspectos serán tratados seguidamente, no sin antes, abordar, aunque sea superficialmente, algunos aspectos que se consideran importantes para una mejor comprensión del tema, como son: de qué forma las aves son capaces de hacer frente al calor y cuales son aquellos factores que influyen en la capacidad de respuesta de las aves al calor.

2.1.3 Regulación Corporal de la Temperatura del Ave

La gallina es capaz de perder calor a través de dos mecanismos, bien mediante intercambio directo con el medio que la rodea (suelo, aire)- radiación, convección y conducción- es la denominada perdida de "calor sensible" o bien mediante evaporación del agua a través del tracto respiratorio, perdida de "calor latente".

Los mecanismos de perdida de calor sensible solo son eficaces dentro del rango de temperaturas de la zona termo-neutra (12.5 a 24° C). Dentro de este rango, el 75% del calor generado se pierde por radiación, convención y conducción. Ahora bien, cuando la temperatura ambiente supera los 25° C, las

perdidas de calor sensible disminuyen a favor de las pérdidas de calor latente (ver Tabla 2.2).

La disipación de calor latente por medio de los procesos evaporativos requiere del animal un sobreesfuerzo respiratorio (hiperventilación), que comenzara cuando la temperatura ambiente supere los 27-29°C.

Este jadeo o aumento de la frecuencia respiratoria va acompañado de una mayor pérdida de humedad del cuerpo. Para compensar esta pérdida el ave bebe mas agua a fin de evitar la deshidratación.

Las aves poseen varios mecanismos para llevar a cabo la regulación de la temperatura corporal: cambios en sus pautas de comportamiento, homeostasis evaporativa y ajustes metabólicos.

a) Pautas etológicas: el ave se tumba en el suelo, pegando el pecho al mismo y extendiendo las alas para que el área de disipación de calor sea mayor.

b) Homeostasis evaporativa: Una de las principales vías que el ave tiene para combatir los excesos de calor es aumentar sus pérdidas caloríficas (por cada gramo de agua que evapora pierde 0,55 kcal.). El ave aumenta el ritmo respiratorio (de 25 a 250 inspiraciones por minuto), con la consiguiente pérdida de agua, lo que provoca una importante disipación energética.

Este mecanismo de regulación de la temperatura cobra una especial importancia en aves ya que éstas disponen de una mínima capacidad de transpiración.

La humedad relativa juega un papel decisivo en la mayor o menor capacidad para disipar calor. En este sentido, conforme aumenta la humedad relativa del aire, disminuye la facilidad con que el ave puede evaporar el agua, aumentando así su temperatura corporal.

c) Ajustes nutricionales: Un tercer mecanismo con el que cuenta el ave para hacer frente al estrés térmico consiste en una disminución de la ingesta de pienso, con lo que disminuye la producción de calor

2.1.4. Factores que Influyen en la Respuesta del Ave al Calor

2.1.4.1. La Edad y El Peso Vivo.- Conforme va aumentando la edad del animal, va disminuyendo el límite superior de la zona termo-neutra. De tal manera que si para un pollito de un día la temperatura crítica superior es de 35° C, al mes de vida esta temperatura ha disminuido en 10° C. Esto ocurre porque la superficie corporal del ave, requerida para la disipación de calor, crece solamente a un 75% de la velocidad con que aumenta el peso del ave y porque la producción de calor depende de sus necesidades de mantenimiento y crecimiento.

2.1.4.2.- La Aclimatación al Calor.- La capacidad de los pollos para sobrevivir al exceso de calor aumenta considerablemente según haya sido la exposición previa a las altas temperaturas ya que el ave aprende a adaptarse fisiológicamente.

2.1.4.3.- El Componente Genético.- Existen diferencias entre razas y líneas en cuanto a la predisposición a las altas temperaturas, también se han encontrado diferencias en cuanto al sexo, siendo los machos más susceptibles al estrés térmico, debido a su mayor índice metabólico.

2.2. MEDIOS PARA REDUCIR EL IMPACTO DE LAS ALTAS TEMPERATURAS

2.2.1. Sistema de Ventilación

Durante las épocas de calor la ventilación ha de servir fundamentalmente para reducir la temperatura en el interior de la nave y para eliminar el vapor de agua existente. Junto a ello, lógicamente, ha de ser capaz de eliminar los gases tóxicos (NH₃, CH₄, CO, SH₂...) y aportar el oxígeno suficiente a los animales.

En tanto que en los periodos de calor se aumentará la circulación del aire alrededor de las aves, conforme aumenta la velocidad del aire en la nave, la sensación de calor en las aves disminuye.

Cualquiera que sea el sistema de ventilación elegido, la velocidad del aire debería regularse, para lo cual ha de tenerse en cuenta la temperatura, la humedad, la edad de los animales y la calidad del emplume.

La observación del comportamiento de las aves es de gran ayuda a la hora de regular el caudal de aire. Se toma en cuenta que velocidades de aire demasiado elevadas pueden ser causa de procesos patológicos de tipo respiratorio.

2.2.2. Manejo de la Alimentación

En la mayoría de los casos la repercusión y mas inmediata del estrés por calor es una reducción de la ingesta de pienso.

Para luchar contra esta disminución se utilizan diversas técnicas de manejo: aumentar la frecuencia de funcionamiento de las cadenas de los comederos automáticos, remover de vez en cuando las tolvas, administrar pienso granulado, uso de programas de luz continuos o la utilización de raciones de alta densidad nutritiva. Ahora bien, hemos de ser conscientes que las aves sometidas a un ambiente con elevadas temperaturas, reaccionan produciendo menos calor, y, que por lo tanto, todas las medidas encaminadas a contrarrestar esta respuesta fisiológica, pueden, ser contraproducentes, ya que aumentan la producción de calor, especialmente en aquellos momentos de mayor estrés térmico.

Por lo tanto, si aumentamos el consumo de pienso de un ave durante el estrés térmico, sin un aumento proporcional de su capacidad para disipar calor, estamos aumentando la probabilidad de una muerte por asfixia o golpe de calor.

Para evitar este incremento térmico del ave como consecuencia del estrés térmico y que la disminución en la ingesta de pienso no repercuta notablemente al final del periodo productivo, se han ideado unas técnicas de ayuno que incrementan la tasa de supervivencia y consecuentemente la eficacia productiva.

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

Uno de los principales inconvenientes que acarrearán estos periodos de ayuno son los problemas que conlleva el retorno a la administración del pienso, la forma ideal será aquella que no les excite en exceso y que no les haga competir entre ellos por el pienso, ya que ello podría provocar un fuerte estrés. Por ello, hemos de evitar un número insuficiente de comederos, una escasa línea de comedero por ave o un excesivo ruido de las cadenas de arrastre de los comederos.

En otro orden de cosas, diremos que en ocasiones y dependiendo de la intensidad del estrés térmico, será necesario ajustar los niveles de proteína del pienso e incluso reemplazar la energía proveniente de algunos hidratos de carbono por grasas, ya que la utilización de estos últimos, por parte de las aves, genera menos calor. Igualmente, puede ser interesante aumentar los niveles de vitaminas y suplementos minerales durante las épocas de calor. Junto a ello, también resulta beneficioso acostumar a las aves a comer durante las horas más frescas del día (durante la noche o las primeras horas del día).

2.3. VENTILACIÓN

La ventilación puede llegar a ser el factor más retador del manejo del galpón ya que requiere de atención constante.

La ventilación afecta la Temperatura, Humedad relativa, y calidad del aire. Sin ventilación adecuada la conversión alimenticia, la ganancia de peso y la salud se deterioran, aumentando los rechazos. Además una ventilación deficiente requiere un cambio en la densidad de alojamiento.

Un sistema de ventilación tiene que:

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

La calidad de aire se evalúa sobre la base del volumen de aire, amoníaco, monóxido, dióxido de carbono y humedad relativa. Polvo, partículas de virus, bacterias y esporas de hongos también contribuyen a deteriorar la calidad de aire.

Cuando están en exceso los contaminantes deterioran el tracto respiratorio y disminuyen la eficiencia de la respiración, lo que resulta en un desempeño disminuido. La exposición continua a la mala calidad de aire puede inducir ascitis y enfermedades respiratorias crónicas.

Como los pollitos son más susceptibles a lo relacionado con la calidad del aire de lo que lo son los de mayor edad, los niveles de amoníaco que producen un valor limitado en un lote de siete semanas de edad reducirán en un 20% la ganancia de peso en los pollitos de siete días de edad.

Las prácticas de ventilación mínima se deben emplear para limitar el enfriamiento repentino de los pollitos.

2.4. HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa (HR) es la medida de cuanta humedad expuesta como vapor de agua esta presente en el aire, comparada con cuanto de humedad puede almacenar el aire, en otras palabras se refiere al porcentaje de saturación del agua en el aire a una temperatura dada.

Cuando una cantidad de aire dada se calienta, esta aumenta su capacidad de almacenar humedad, así cuando la temperatura del aire aumenta la humedad relativa aumenta.

A medida que la HR aumenta la habilidad de las aves para evaporar calor disminuye. La humedad relativa alta, junto con temperaturas ambientales altas es esencialmente problemática.

Mientras que las aves crecen, este efecto es peor sin una adecuada perdida de calor, la habilidad de las aves para controlar su temperatura interna y sus funciones corporales normales se verán afectadas.

El cuerpo del ave está constituido aproximadamente por el 70% de agua, las aves consumen de dos a tres litros de agua por cada Kilogramo de alimento, un gran porcentaje del agua asimilada regresa a la nave a través de la gallinaza, lo cual aumenta la humedad del aire.

El exceso de humedad en la cama predispone a las enfermedades, tiende a aumentar los malos olores, y provoca proliferación de las larvas de moscas. También aumenta la producción de huevo sucio y fomenta la reproducción de hongos.

La respiración y pérdida de calor se dificultan a medida que aumentan la temperatura ambiental y la humedad relativa.

La humedad de la gallinaza aumenta cuando el aparato intestinal de las aves presenta problemas bacterianos, parasitarios, fungóticos, tóxicos y también por deyecciones acuosas y vicios o malos hábitos.

En condiciones normales un ave elimina más de 200 gr. de humedad por Kilogramo de peso, por concepto de transpiración, excremento y por el derrame de agua de los bebederos. La humedad del espirado por los pulmones del ave representa aproximadamente la mitad de la producción total de humedad del ave.

La forma de eliminar la humedad de la nave es mediante la extracción del aire húmedo con un buen sistema de ventilación.

Es importante evitar los derrames o fugas de agua de los bebederos, pues el agua que proviene de estos aumenta la humedad. Cuando la temperatura ambiente dentro de una nave es elevada, resulta más fácil eliminar el exceso de humedad por medio de ventilación.

En invierno o cuando la temperatura es fría, se puede reducir la humedad por medio de la calefacción. Por cada 5°C de aumento de temperatura ambiental, se aumenta la capacidad de absorción de humedad al doble.

Cuando hay derramamientos de agua y se ha humedecido la cama en partes localizadas, se debe eliminar inmediatamente la cama húmeda y añadir más cama seca. La adición de superfosfato de calcio en la cama cuando la humedad es generalizada ayuda a reducir durante varios días el desprendimiento de amoníaco.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.

3.1. CONTROL DE TEMPERATURA POR FLUJO DE AIRE.

El flujo de aire es muy útil para incrementar y disminuir la temperatura de manera rápida, es decir, hacer más dinámico el proceso y con esto poder realizar un control más efectivo independiente de la temperatura ambiental.

En el caso de estudio, se analizará el principio que hace que funcione el control de temperatura actuando en el flujo del aire.

En un recinto cerrado, como un galpón, el aire se encuentra estático a una temperatura estable como se muestra en la figura 3.1 del corte transversal del galpón.

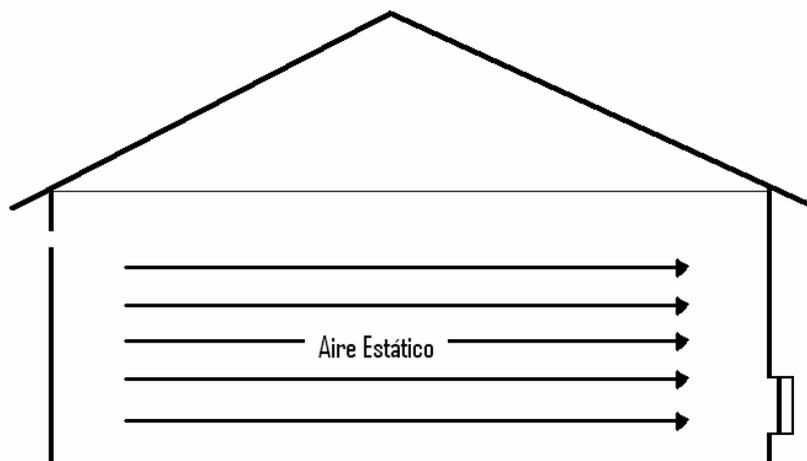


Figura. 3.1. Aire estático dentro del galpón.

Si la temperatura del interior del galpón es muy baja el sistema de control por flujo de aire tiene que hacer circular aire caliente para que suba la temperatura, esto se logra calentando el aire que está alrededor del acceso, el cual se mezcla con el aire frío dentro del galpón logrando un aumento rápido pero no extremadamente para no causar un cambio brusco en el ave, luego se utilizan los extractores para mover ese aire por todo el galpón como se muestra en la figura 3.2.

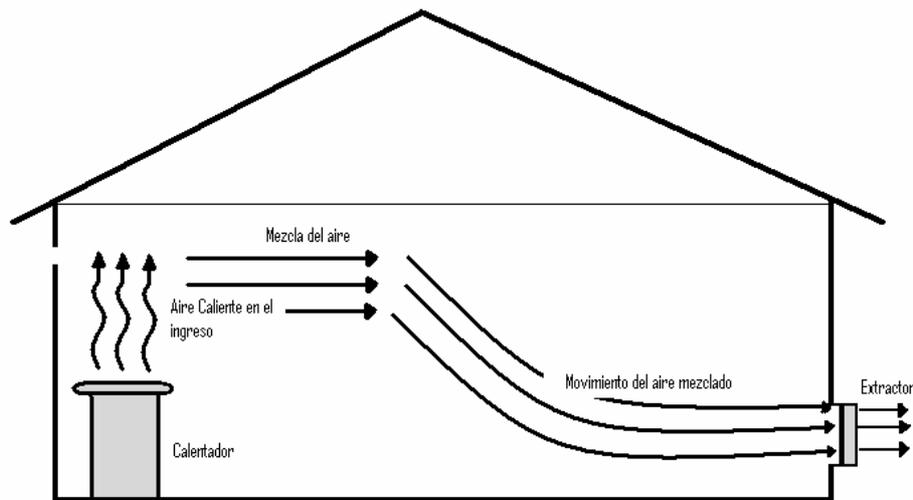


Figura. 3.2. Calentamiento del aire del galpón

Si la temperatura del interior del galpón es alta respecto a la deseada para el control, se procede a encender únicamente los extractores para renovar el aire que está en el interior logrando de esta manera bajar la temperatura del recinto. Este precepto funciona siempre y cuando la temperatura ambiental sea menor a 32°C. porque si se tiene una temperatura ambiental mayor se logra el efecto inverso, es decir, se ingresa aire caliente al galpón y se aumenta la temperatura. En la figura 3.3. se muestra la forma de bajar la temperatura interna.

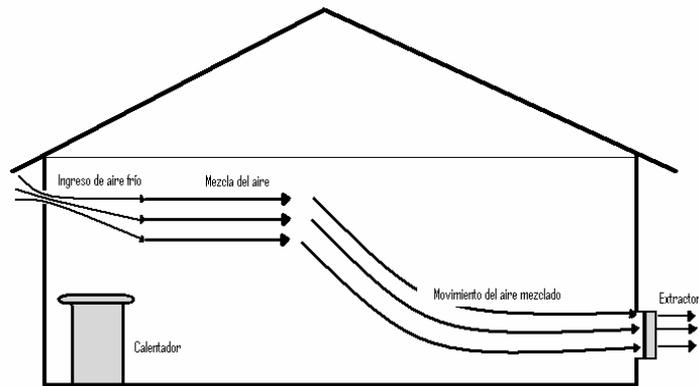


Figura. 3.3. Enfriamiento del aire del galpón

Si la temperatura excede los 32°C es necesario incrementar al sistema una técnica de enfriamiento. Para galpones la técnica más utilizada es el enfriamiento por riego debido al bajo costo. El enfriamiento por riego es la pulverización de agua a cierta altura del galpón, esto incrementa la humedad y reduce la temperatura. En la figura 3.4. se muestra el sistema de enfriamiento por riego.

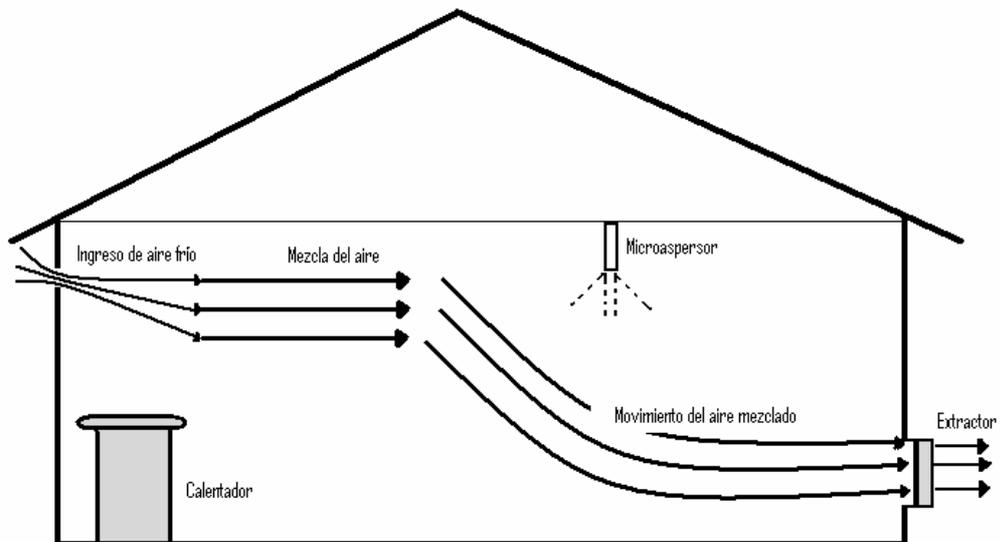


Figura. 3.4. Enfriamiento por riego

De esta manera se puede actuar sobre el flujo de aire en un recinto cerrado para lograr el control de la temperatura.

3.2. CONTROL DE HUMEDAD POR FLUJO DE AIRE

Uno de los principales problemas en la cría de aves es el exceso de humedad. Con una humedad demasiado grande se moja la cama y se incrementa la producción de amoníaco.

Para controlar la humedad se utilizan los extractores los mismos que sacan el aire cargado de humedad de dentro del galpón y ejercen presión para ingresar aire seco desde el exterior. En la figura 3.5 se muestra este proceso.

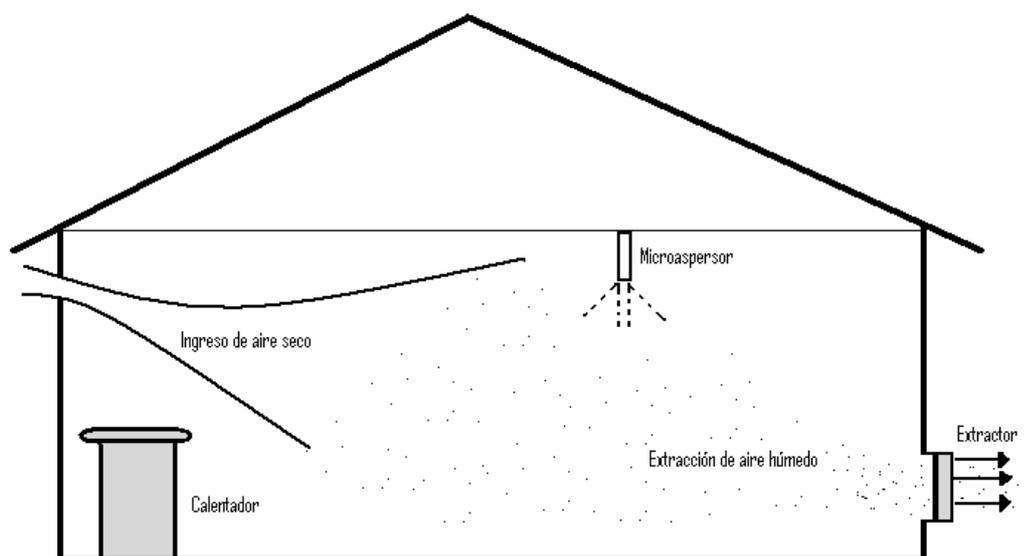


Figura. 3.5. Extracción de humedad

En caso de aire extremadamente seco se utiliza el sistema de enfriamiento por riego para aumentar la humedad, es decir, se pulveriza agua en el ambiente.

Es así que funciona el sistema. Si la temperatura sube los extractores funcionan para sacar el aire caliente del galpón, si la temperatura baja los calentadores entran en acción subiendo la temperatura del aire que ingresa por las ventilas, si la humedad sube los extractores sacan el aire condensado del interior del recinto y si la humedad baja se utilizan los micro aspersores para subirla.

En este caso, debido a la baja dinámica de la humedad relativa en el sector del IASA (promedio de 64% de H.R.) y a que los requerimientos de humedad son del 50% al 70% no realizamos un control de inyección de humedad al ambiente mas si de extracción.

3.3. RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA Y HUMEDAD

La temperatura y la humedad relativa son magnitudes muy relacionadas. El concepto de humedad relativa es la cantidad en porcentaje que el aire tiene de agua evaporada, es decir, la cantidad de vapor en el aire a cierta temperatura. Si el aire está completamente saturado de vapor se tiene una humedad relativa del 100% y se está a la mitad de la cantidad de vapor máxima se tiene una humedad relativa de 50%.

El efecto de relación se produce con el incremento o decremento de temperatura ya que si se calienta el aire éste puede transportar mayor cantidad de vapor y si se enfría la cantidad de vapor necesaria para saturarlo sería menor.

Por ejemplo, en un recinto cerrado a 15 °C se podría tener un máximo de 140 galones de agua si las dimensiones son de 40 x 400 pies pero si se lleva la temperatura a 27 °C se saturaría el aire con 280 galones de agua.

A mayor temperatura mayor absorción de humedad, si se calienta el aire se absorbe humedad.

3.4. VENTILACIÓN TIPO TÚNEL

La ventilación por túnel utiliza el principio de sensación térmica. Lo que se hace es utilizar extractores de gran capacidad de extracción (flujo) para producir la velocidad de aire necesaria para que el efecto de sensación térmica sea coherente.

La ventilación por túnel en un galpón avícola funciona de la siguiente manera:

Se disponen los extractores y las entradas de aire como se muestra en la figura 3.6. :

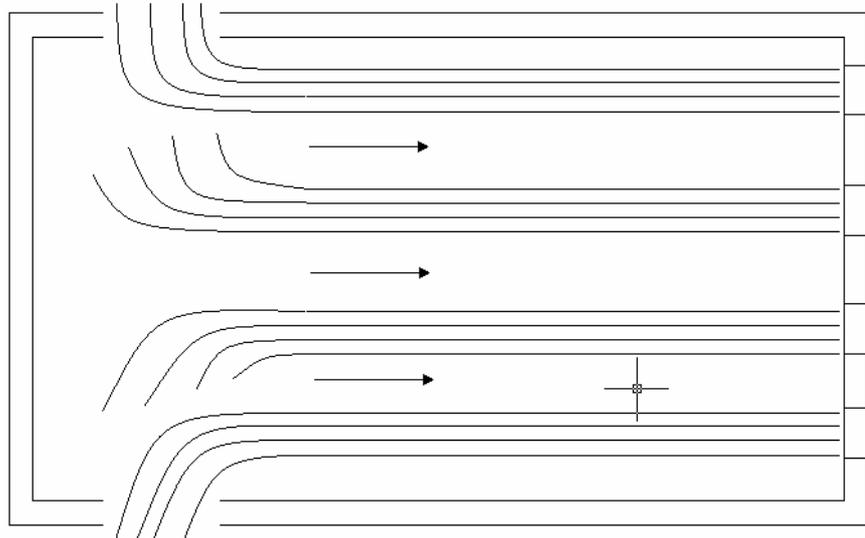


Figura. 3.6. Ventilación por túnel

Y el aire fluye formando un túnel de flujo de alta velocidad que ayuda a las aves a refrescarse eliminando el calor por diferencia de temperatura.

El funcionamiento del túnel es eficiente siempre y cuando la temperatura ambiental no supere los 32 °C porque a esta temperatura empieza a tener el efecto contrario llenando de calor el galpón.

3.5. VENTILACIÓN MINIMA

Las aves no simplemente tienen que estar en un ambiente con aire controlado en su temperatura y humedad sino que deben tener un flujo de aire permanente que permita satisfacer las necesidades de respiración, este flujo de aire es la ventilación mínima.

Las aves necesitan mayor cantidad de ventilación mínima de acuerdo a su peso, la ventilación mínima se calcula con la siguiente fórmula:

$$V \text{ min} = \frac{0.702 \frac{m^3}{hora}}{Kg^{0.75}}$$

3.6. DISEÑO DEL SISTEMA

3.6.1. Descripción de la planta.

La planta es un galpón que tiene dimensiones de 18m. x 8m. x 2.5m. En el plano Anexo 1 podemos ver la forma en la que está dispuesta la planta.

3.6.2. Requerimientos de la planta.

El estado actual del galpón “A-1” del IASA no permite el correcto funcionamiento del sistema, por consiguiente es necesario implementar ciertos cambios en la planta. Estos cambios son:

- Perforación en las paredes para superposición de las cortinas para funcionamiento del galpón en modo túnel.
- Hay que realizar una perforación de un largo de 4 m. y un alto de 1.8 m. con el objetivo de establecer las entradas de aire para el funcionamiento del túnel de viento.
- Perforación de las paredes laterales y de la frontal del galpón para inserción de los extractores y tomas de aire.
 - Hay que realizar dos perforaciones de 1 m. de ancho y 0.15 m. de alto para el ingreso de aire hacia el galpón. Estas medidas aseguran que exista la presión negativa suficiente dentro del galpón para que fluya el aire.
 - Hay que realizar 6 perforaciones cuadradas de 0.7 m. a un costado del galpón para insertar los extractores de 20 pulgadas. Se

necesitan 4 perforaciones de 1.62 m. para ubicar los extractores de 54 pulgadas que se utilizarán para el funcionamiento de túnel de viento.

- Construcción de la loza para aislamiento térmico del techo de zinc.
 - Se necesita construir una loza en la parte superior del galpón para crear un colchón de aire entre el zinc y el galpón con el fin de mantener más estable las condiciones en el interior.

En el plano Anexo 2 se puede observar el plano de la planta ya remodelada.

El sistema de control de temperatura y humedad trabaja en base a calentadores y extractores para la temperatura y en base a extractores para el control de humedad.

La función de los extractores no es solamente el control de temperatura y humedad sino la provisión de aire renovado hacia el interior del galpón. Aquí nace el concepto de “ventilación mínima”, es la cantidad de aire que hay que extraer del galpón cada cierto tiempo para que las aves no sufran de asfixia y no exista problemas de cama mojada y producción de amoníaco.

3.6.3. Diseño del control de temperatura y humedad

3.6.3.1 Requerimientos.

- **Control de temperatura.**
 - Set point variable desde 33°C. a 22°C. según curva de temperaturas de las aves.
 - Uso de calentadores a gas.

- Uso de extractores de bajo caudal para control normal y para ventilación mínima.
- Uso de extractores de alto caudal y cortinas para ventilación por túnel en casos extremos.
- **Control de humedad.**
 - Set point de 60% con rango de operación de [50%;70%]
 - Control de exceso de humedad por medio de extractores de ventilación mínima

3.6.3.2 Ubicación de dispositivos

Referirse al plano Anexo 3 para revisar la ubicación de los dispositivos.

3.6.3.3 Instrumentación

- **Descripción de sensores**

Es necesario un sensor combinado de temperatura y humedad, debe tener una salida estándar ya sea en voltaje o corriente de cada parámetro. El rango de medición del sensor debe ser de 10 a 40°C como mínimo y de 0 a 100% de H.R. con una exactitud de 1°C como mínimo.

Por otra parte son necesarios dos sensores inductivos con salida conmutada de 24V. con transistor PNP, el sensor debe tener un alcance de medición de 0 a 4mm.

- **Descripción de actuadores**

Para el control de ventilación mínima son necesarios 6 extractores de 20 pulgadas con capacidad de extracción de 304 CFM. Con voltaje de operación de

120Vac, potencia de 1/4 HP. y transmisión por correa. Es necesario para cada ventilador un contactor de 10A. a 120Vac.

Para el control de ventilación por túnel son necesarios 4 extractores de 54 pulgadas con capacidad de extracción de 50893 CFM. Con voltaje de operación de 220Vac 3Φ, potencia de 10 HP. y transmisión por correa. Es necesario para cada ventilador tres contactores de 40A. a 120Vac.

Para el control de las cortinas es necesario un motor de 3/4HP a 120Vac. Unidos a un sistema de poleas con una correa y una riel y cortinas de vinil.

Los calentadores deben trabajar a gas y ser capaces de actuar sobre una superficie de 21m², deben tener una potencia de 1700 KCal/h, una entrada de control de activación de 24Vdc y piloto de encendido.

3.6.3.4 Descripción de la técnica de control

El sistema tiene cinco modos de operación: modo de enfriamiento, modo de calentamiento, modo de extracción de humedad, modo túnel y modo de ventilación mínima.

A continuación se presenta en la tabla 3.1. las relaciones entre los modos de operación, los actuadores y sensores; si el actuador o sensor tiene una "X" en el modo quiere decir que es controlado en ese modo.

Tabla. 3.1. Relación de instrumentación y control

	Extractores 20"	Extractores 54"	Calentadores	Cortinas	Sensores Inductivos	Sensor T/HR
Modo de enfriamiento	X					X
Modo de calentamiento	X		X			X
Modo de extracción de humedad	X					X
Modo Túnel		X		X	X	
Modo V. Mínima	X					

Estos modos trabajan en una manera conjunta en un control ON-OFF con lazos de histéresis entre ellos. Este lazo se lo aprecia en la figura 3.7.

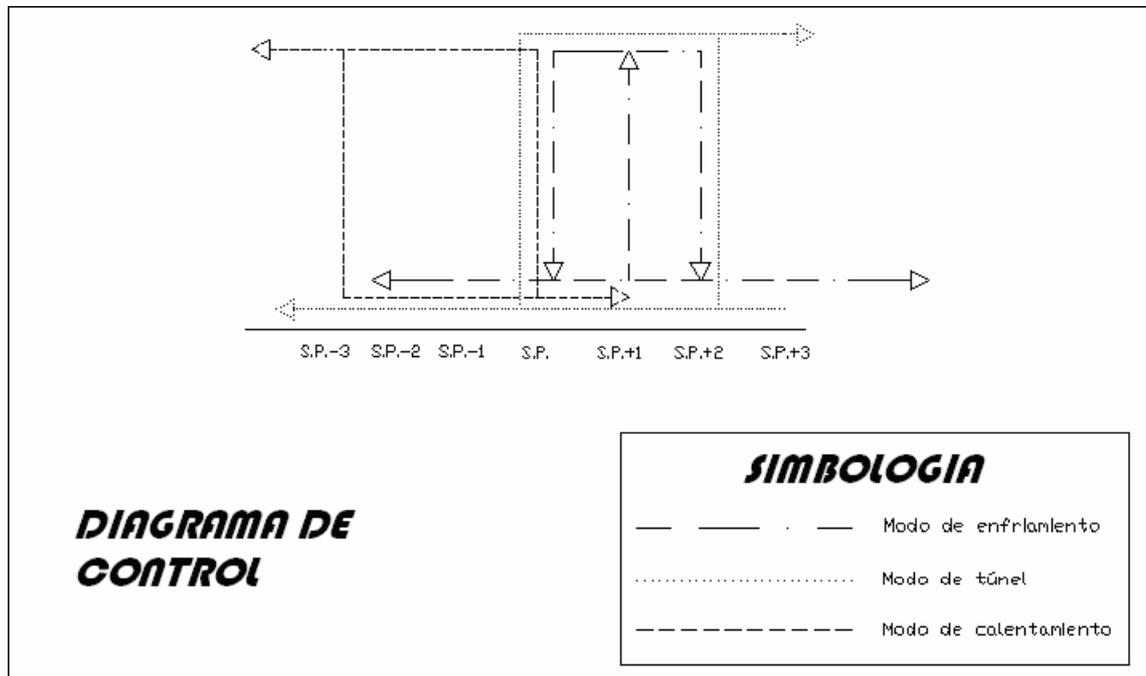


Figura. 3.7. Histéresis para modos de control de temperatura

El lazo de operación en modo túnel está conformado por una histéresis de 2°C. alrededor del Set Point (S.P.) +1 °C.

El lazo de operación del modo de calentamiento está conformado por una histéresis de ancho de 3 °C. desde S.P.- 3 °C hasta S.P.

El lazo de enfriamiento funciona de una manera especial es una mezcla de dos lazos de histéresis de ancho 1 °C. El modo de enfriamiento se activa cuando la temperatura llega al valor de S.P.+ 1 °C. y se desactiva en S.P.+ 2 °C cuando comienza el modo túnel o cuando se llega a la temperatura nominal del sistema o S.P.

El modo de extracción de humedad funciona con un lazo único de histéresis como el que se muestra en la figura 3.8.

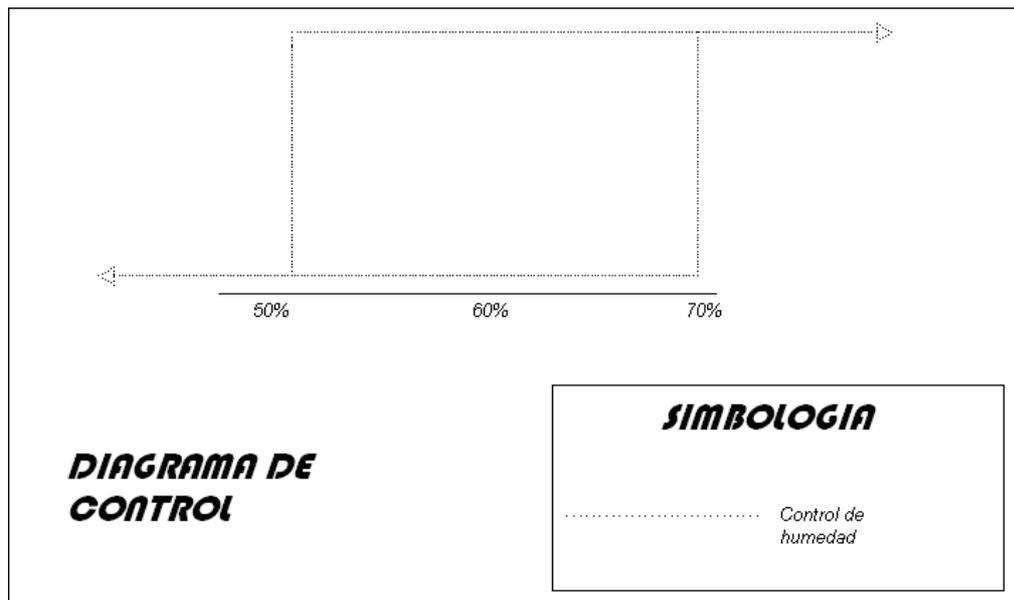


Figura. 3.8. Histéresis para control de humedad

El modo de ventilación mínima trabaja de manera independiente activando los extractores de 20" cada que sea necesario siendo de mayor jerarquía que cualquier otro modo.

A continuación se presenta una descripción detallada del funcionamiento de cada modo de operación.

- **Modo de enfriamiento**

El modo de enfriamiento utiliza el método de flujo y renovación de aire para enfriar el ambiente. Utiliza los extractores de 20" y el sensor en la función de temperatura.

El modo está activado cuando se encienden los 6 extractores.

- **Modo de calentamiento**

El modo de calentamiento utiliza el método de flujo de aire caliente para aumentar la temperatura del ambiente. Utiliza los extractores de 20", los calentadores GLP y el sensor en la función de temperatura.

El modo está activado cuando se encienden los 6 extractores de 20'' se activan y además se activa el calentador GLP.

- **Modo de extracción de humedad**

La extracción de humedad se realiza en base a la activación de los 6 extractores de 20'' de manera análoga al modo de enfriamiento, por lo tanto, la extracción de humedad implicará disminución de la temperatura.

- **Modo de ventilación mínima**

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

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

$$CicloON = \frac{\frac{1\text{m}^3}{3\text{m}^3}}{\frac{1}{15}h} = \frac{1}{3} \cdot 15h = 5h = 240seg$$

Entonces los ventiladores se encenderían cada 12 minutos por un lapso de 240 seg. es decir 4 minutos.

Para calcular los ciclos reales de ventilación mínima del proyecto se utilizan los datos que se presentan en la tabla 3.2.

Tabla. 3.2. Datos base para ventilación mínima

Datos	Descripción
30	Densidad de ave viva (Kg/m ²)
18	Longitud del galón (m)
8	Ancho del galpón (m)
516,896156	Caudal de extractor (m ³ /h) SB-1H20-4
12	Tiempo del ciclo de trabajo (min.)
6	Número de extractores
86534,1977	Caudal de extractor (m ³ /h) SBC-3L54-100

Se siguieron los siguientes pasos:

- Cálculo del número de aves.

El peso de un ave de 56 días es aproximadamente 2.8 Kg. Se tienen además los datos de ancho y largo del galpón y la densidad de ave viva que debe haber en él; con esto se puede calcular la cantidad de aves que se encuentran en el galpón:

$$Aves = \frac{largo(m) \times ancho(m) \times densidad \left(\frac{Kg}{m^2} \right)}{\text{Peso ave (Kg)}}$$

$$Aves = \frac{18m \times 8m \times 30 \left(\frac{Kg}{m^2} \right)}{2.8Kg} = 1542.85 = 1543 \text{ aves}$$

- Requerimientos de Ventilación mínima.

Utilizando la fórmula de cálculo de ventilación mínima, el peso diario de cada ave y el número de aves en el galpón se pueden obtener los requerimientos diarios de ventilación mínima. Procedemos así:

$$V_{\min} = \frac{0.702 \frac{m^3}{h}}{(aves \times \text{peso ave})^{0.75}}$$

Y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla. 3.3. Cantidad de ventilación mínima

días	Peso de cada ave (Kg)	ventilación mínima (m3/h)
1	0,0418	97,99327465
2	0,0583	125,766645
3	0,0748	151,6143324
4	0,0913	176,0626128
5	0,1067	197,8961631
6	0,1243	221,9051625
7	0,143	246,4995254
8	0,165	274,4271135
9	0,187	301,4361015
10	0,2068	325,0700516
11	0,2277	349,4108063
12	0,2519	376,907852
13	0,275	402,5442058
14	0,2948	424,0915984
15	0,3267	458,0637353
16	0,363	495,7286604
17	0,3938	526,9517405
18	0,4279	560,8164891
19	0,462	594,0124412
20	0,4917	622,4281353
21	0,5258	654,5299077
22	0,5753	700,2205302
23	0,6248	744,9374793
24	0,6743	788,7764382
25	0,726	833,7129069
26	0,7733	874,1280711
27	0,825	917,6023578
28	0,8723	956,7830299
29	0,924	999,0058648
30	0,9757	1040,641852
31	1,0274	1081,729642
32	1,0791	1122,30353
33	1,1308	1162,394133
34	1,1825	1202,028933

Tabla. 3.3. Cantidad de ventilación mínima (continuación)

días	Peso de cada ave (Kg)	ventilación mínima (m3/h)
35	1,2375	1243,720994
36	1,3035	1293,145331
37	1,3662	1339,521751
38	1,4311	1386,968334
39	1,4982	1435,461021
40	1,5664	1484,195345
41	1,639	1535,494533
42	1,705	1581,638933
43	1,793	1642,476924
44	1,892	1710,034642
45	1,98	1769,346748
46	2,0845	1838,931212
47	2,1835	1904,052665
48	2,2825	1968,439853
49	2,387	2035,651238
50	2,464	2084,704899
51	2,53	2126,446449
52	2,618	2181,681209
53	2,6785	2219,385772
54	2,75	2263,672421
55	2,838	2317,786093
56	2,86	2331,248578

- Ciclos de encendido y pagado.

Con Ayuda de la fórmula de cálculo de ciclos de trabajo a manera de PWM se obtienen los ciclos de encendido y apagado para cada día de crianza.

Tabla. 3.4. Ciclos de encendido de ventilación mínima

Tciclo (min)	Capacidad extractor (m3/h)	Número de extractores	Ton (s)	Toff (s)
12	516,8961565	3	45,499247	674,500753
12	516,8961565	3	58,3946977	661,605302
12	516,8961565	3	70,3960347	649,603965

Tabla. 3.4. Ciclos de encendido de ventilación mínima (continuación)

12	516,8961565	3	81,7476132	638,252387
12	516,8961565	3	91,8851467	628,114853
12	516,8961565	3	103,032763	616,967237
12	516,8961565	3	114,452169	605,547831
12	516,8961565	3	127,419224	592,580776
12	516,8961565	3	139,959765	580,040235
12	516,8961565	3	150,933241	569,066759
12	516,8961565	3	162,234895	557,765105
12	516,8961565	3	175,002045	544,997955
12	516,8961565	3	186,905258	533,094742
12	516,8961565	3	196,909925	523,090075
12	516,8961565	3	212,683525	507,316475
12	516,8961565	3	230,171722	489,828278
12	516,8961565	3	244,668907	475,331093
12	516,8961565	3	260,392645	459,607355
12	516,8961565	4	206,854391	513,145609
12	516,8961565	4	216,749656	503,250344
12	516,8961565	4	227,928534	492,071466
12	516,8961565	4	243,83949	476,16051
12	516,8961565	4	259,411382	460,588618
12	516,8961565	4	274,677529	445,322471
12	516,8961565	4	290,325864	429,674136
12	516,8961565	4	304,399734	415,600266
12	516,8961565	4	319,538891	400,461109
12	516,8961565	4	333,182871	386,817129
12	516,8961565	4	347,886231	372,113769
12	516,8961565	4	362,385232	357,614768
12	516,8961565	4	376,693332	343,306668
12	516,8961565	4	390,822475	329,177525
12	516,8961565	4	404,783323	315,216677
12	516,8961565	4	418,585446	301,414554
12	516,8961565	4	433,103973	286,896027
12	516,8961565	4	450,315129	269,684871
12	516,8961565	4	466,464903	253,535097
12	516,8961565	4	482,987341	237,012659
12	516,8961565	4	499,874067	220,125933
12	516,8961565	4	516,844938	203,155062

Tabla. 3.4. Ciclos de encendido de ventilación mínima (continuación)

<i>Tciclo (min)</i>	<i>Capacidad extractor (m3/h)</i>	<i>Número de extractores</i>	<i>Ton (s)</i>	<i>Toff (s)</i>
12	516,8961565	5	427,767183	292,232817
12	516,8961565	5	440,622364	279,377636
12	516,8961565	5	457,570973	262,429027
12	516,8961565	5	476,391603	243,608397
12	516,8961565	5	492,915121	227,084879
12	516,8961565	5	512,300374	207,699626
12	516,8961565	6	442,035246	277,964754
12	516,8961565	6	456,98305	263,01695
12	516,8961565	6	472,586506	247,413494
12	516,8961565	6	483,974556	236,025444
12	516,8961565	6	493,665064	226,334936
12	516,8961565	6	506,488086	213,511914
12	516,8961565	6	515,241387	204,758613
12	516,8961565	6	525,522752	194,477248
12	516,8961565	6	538,085508	181,914492
12	516,8961565	6	541,210891	178,789109

- **Modo túnel**

El modo túnel hace uso de los extractores de 54" para producir el efecto de sensación térmica en las aves.

- Control de posición en las cortinas de ventilación por túnel

El control de posición en las cortinas se realiza mediante un disco codificado, como se muestra en la figura 3.9. Este disco es la rueda mayor del sistema de poleas, se incrustan secciones de metal de 10 mm. de espesor a cada 90° de la rueda con el fin de obtener un conteo de cuartos de vuelta necesarios para que la cortina se abra o cierre completamente, a continuación se explica de mejor manera el funcionamiento:

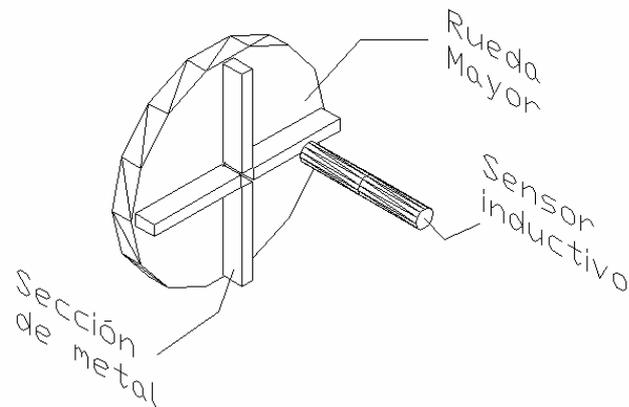


Figura. 3.9. Disco de codificación de cortinas de túnel

- La rueda mayor gira y el sensor detecta cada cuarto de vuelta
- El controlador cuenta los cuartos de vuelta y desactiva el motor cuando la cuenta ha llegado al final.
- Control de Extractores de ventilación por túnel

La ventilación por túnel habilita 4 extractores de 54 " con el fin de producir el efecto deseado de sensación térmica. Para configurar un sistema de ventilación por túnel se deben seguir las siguientes recomendaciones:

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

$$RT^{\circ}C = 1.125V$$

$$5 = 1.125V$$

$$V_{\max} = 4.44m/s$$

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

$$\text{Extractores} = \frac{4.44 \frac{m}{s} \times 8m \times 2.5m \times 3600 \frac{h}{s}}{86534 \frac{m^3}{h}} = 3.69 = 4 \text{ Extractores}$$

- A los extractores se los debe colocar de forma simétrica en el lado menos largo del galpón.
- Al lado opuesto a los extractores se encuentran las aperturas o ingreso de aire para el túnel, las aperturas se colocan en el lado largo del galpón; pegadas al lado angosto como se muestra en la figura 3.10.

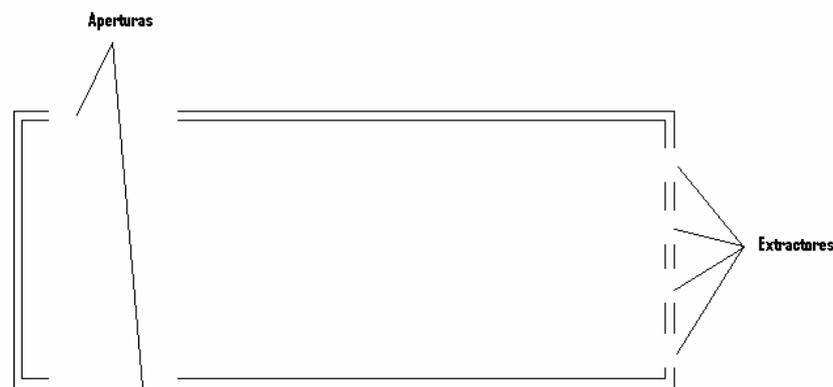


Figura. 3.10. Diseño de aperturas para ventilación tipo túnel

El cálculo de las dimensiones de las aperturas se realiza de la siguiente manera:

$$\text{AreaTotal} = \frac{4 \times 86534 \frac{m^3}{s}}{4.44 \frac{m}{s}} = 17.77m^2 = 8.89m^2 \text{ cada apertura}$$

Si el alto 1.8m el largo sería 4m

CAPÍTULO 4

SISTEMA DE CONTROL PARA LA ALIMENTACIÓN

4.1. INTRODUCCION

La alimentación de las aves se encuentra sujeta a varios aspectos como la iluminación, climatización del interior del galpón y el manejo del balanceado, como se vio en el capítulo 2.

Regularmente hay que poner en marcha o mover los comederos para mantener el alimento frente a las aves en todo momento, esto estimulara el consumo, mantendrá fresco el alimento y evitara el desperdicio. Para esto es ideal un comedero automático ya que incluso el ruido las estimula.

Los comederos se deben separar de tal forma que cada plato abastezca aproximadamente 40 pollos adultos. Dentro del Galpón "A-1" se halla una línea de comederos automáticos, los cuales se encuentra separados de las paredes finales como mínimo 2,5 a 3 metros para que existan mas aves comiendo de ellos y a su vez se vacíen mas rápidamente.

4.2. ANALISIS DE DISPOSITIVOS DE ALIMENTACION MECÁNICOS Y ELECTRÓNICOS INSTALADOS

El sistema instalado en el galpón "A-1" del IASA esta trabajando de manera adecuada, sin embargo el sistema de recarga de la tolva se lo realiza de manera manual y diaria, razón por la cual se propone aumentar el sistema con la instalación de un silo que también trabaje de manera automática y así la carga de alimento será pasando no más de 5 días.

En el interior del galpón se encuentra un sistema de comederos automático, el cual se encuentra formado por:

4.2.1. Tolva

Se encuentra ubicada aun extremo de la línea y tiene la función de almacenar una cantidad de alimento baja, su recarga es diaria y de forma manual, es decir que el operador tendrá que cargar el balanceado todos los días a la tolva, lo cual disminuye el tiempo de trabajo productivo y aumenta el riesgo de enfermedades debido a la constante presencia del operador dentro del galpón.

Para el caso del galpón “A-1” del IASA la tolva (figura 4.1) tiene una capacidad de almacenamiento de 120 Kg. con un volumen de 0.8 m³.



Figura. 4.1. Tolva instalada en el galpón “A-1” del IASA

4.2.2. Línea de Transporte

Como se aprecia en la figura 4.2. es la encargada de distribuir el alimento, posee un diseño simple el cual es un tubo de acero galvanizado y que a su vez tiene en su interior una espiral de acero la cual gira por influencia del motor haciendo de esta manera que el balanceado recorra y se distribuya a lo largo de los comederos.

El alimento recorre a 1000 Kg. / h a lo largo de la línea de transporte, manteniendo de esta manera abundante alimento y siempre visible en los comederos.

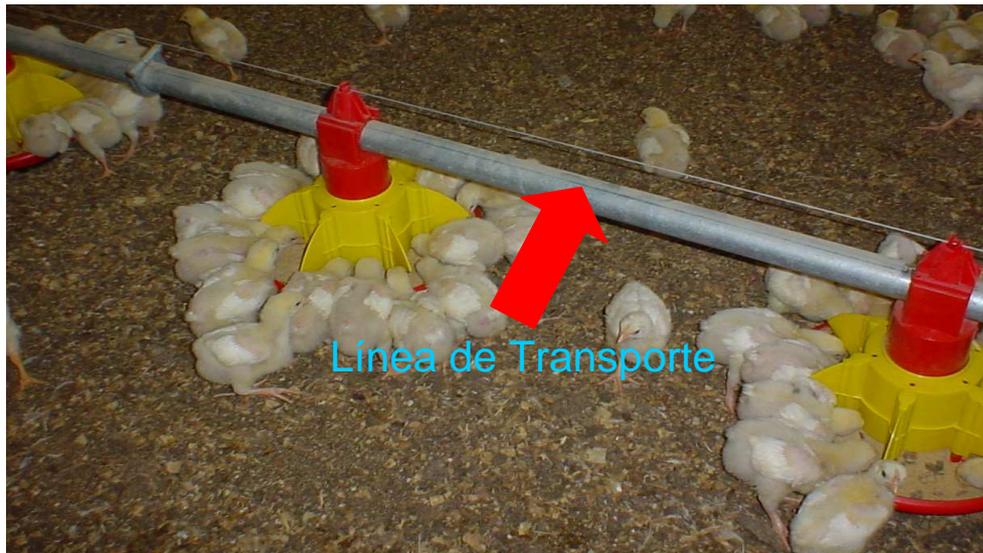


Figura. 4.2. Línea de Transporte instalada en el galpón “A-1” del IASA

4.2.3. Platos o Comederos

Están ubicados a lo largo de la línea de transporte separados una distancia adecuada para que se ubiquen 40 aves por plato mínimo, si el número de comederos es mayor, el número de aves por plato disminuye lo cual reducirá la competencia por el alimento, cabe recalcar que los platos sensores ubicados en la línea de transporte también deben ser considerados entre el calculo de la distancia de los comederos.

Cada plato instalado en el galpón “A-1” del IASA (figura 4.3) posee cinco niveles de regulación del alimento que se ajustan de acuerdo a la fase de crecimiento del ave, no posee rejas protectoras ya que tiende a dar un sentimiento de protección incitando a que el pollo se suba al plato pudiendo quedar atrapada o a su vez cubriendo el alimento que podría ser consumido por las demás aves.



Figura. 4.3. Comedero instalado en el galpón "A-1" del IASA

4.2.4. Plato de Control o Plato Sensor

Existen dos platos de control los cuales se encuentran ubicados a lo largo de la línea de acuerdo a la fase de crecimiento en la que se encuentre el ave, ya que durante la crianza se restringe el tamaño del galpón.

Consta con dos sensores micro-switches, como se muestra en la figura 4.4, los cuales se activan cuando el alimento ha llegado y llenado el plato sensor que se encuentre habilitado de acuerdo a la fase de crecimiento.



Figura. 4.4. Ubicación de los Sensores en el Plato Sensor

4.2.5. Motor

Es la fuente de poder del sistema, se encarga de rotar la espiral de la línea de transporte y esta a su vez moviliza el alimento hasta el plato sensor; se activa por una señal enviada desde un microprocesador ubicado en los platos sensores y estos son los responsables de detener o arrancar al motor.

EL motor es de 1 Hp monofásico 120V a 60 Hz el cual posee un reductor de velocidad (debido a que el galpón es de 18 m y el motor instalado esta diseñado para una instalación de 120 m.) capaz de girar 1720 rpm. Lo cual permite que el balanceado se desplace a 1000 Kg. /h.



Figura. 4.5. Motor Instalado en el galpón "A-1" del IASA

4.2.6. Sistema de Suspensión

La suspensión es aérea mediante un sistema de cables y poleas fijadas en la estructura de la nave, y un tecele central que permite regular la altura del equipo en función de la edad de las aves y las necesidades de manejo del mismo, tal como se indica en la figura 4.6.



Figura. 4.6. Sistema de Suspensión instalado en el galpón "A-1" del IASA

4.3. DISEÑO DEL SILO

El silo es una estructura de almacenamiento y está diseñado para alojar el alimento balanceado, el mismo que debe guardar estrecha relación con la capacidad de consumo de una nave ya que lo recomendado para este tipo de estructuras es que su capacidad de almacenamiento no supere los 5 días de consumo por el alto riesgo de oxidación de las diferentes materias primas que conforman el pienso y también la exacerbación de la flora micótica.

Por esta razón se diseñará un silo que tenga capacidad de almacenamiento de no más de 2000 kilos, para lo cual se considera el número de aves alojadas (1500 Aves) y la cantidad de alimento que consume cada ave en estado adulto (190 gr. / día).

De esta manera para el cálculo se toma como referencia que las aves son adultas (56 días), si se dice que cada ave adulta consume 190 gr. al día (190 gr. / ave), y conocido que en el galpón se instalarán 1500 aves, se deduce que al día se consumirán 285 Kg. de alimento y al cabo de 5 días se consumirán 1425 Kg.

Una vez conocida la cantidad de alimento a consumirse en un periodo de cinco días se realiza el cálculo respectivo (una regla de tres) la cual nos dice que 1000 Kg. de alimento se almacenarán en un volumen de 1 m³, entonces para

1425 Kg. se tendría 1,425 m³ de volumen, lo cual nos indica que el silo deberá tener aproximadamente 2 m³, el cual podrá ser encontrando con mayor facilidad en el mercado.

Para este propósito el silo tendrá una forma cónica truncada al final para permitir de mejor forma la caída del alimento al motor y la parte superior será cilíndrica como se puede apreciar refiriéndonos al plano Anexo 3.

Una vez definido el volumen y la forma básica del silo se necesita transportar el alimento al interior de la instalación, para lo cual se usara un motor que será instalado en la base del silo con un sistema de acople entre el motor y el silo para de hay transportado mediante una línea de transporte formado por tubos PVC (de 75 mm de diámetro) y otros elementos de la línea, (codos, tees, etc) instalaciones similares a las del sistema de comederos dentro del galpón.

La línea de transporte del silo debe salir de la base (bota del silo) e ingresar por la parte superior de la nave, lo más cercano del techo que sea posible en forma horizontal, la altura del galpón "A-1" del IASA es de 2,50 m por lo que se tomara una altura de 2,00 m ("H") dejando 0,50 m como seguridad; la tubería subirá en un ángulo de 45°. Sabiendo que se formara un triángulo rectángulo se calculará la distancia a la que se debe colocar el silo.

$$X = \frac{H}{\tan \theta} = \frac{2,00m}{\tan 45^\circ} = 2,00m$$

La distancia que se debe separar el silo del galpón idealmente sería de 2,00 m sin embargo como la línea de transporte no es totalmente recta y como se debe ingresar la tubería a la nave en forma horizontal para reducir la presión sobre las paredes de la nave, se lo alejara 1,50 m más, es decir que la distancia que deberá ser alejado el silo del galpón es de 3,50 m ("X") para facilidades de manejo (carga, limpieza, fumigación).

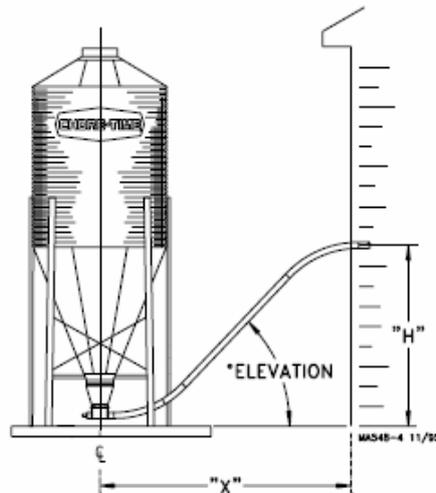


Figura. 4.7. Distancia del Silo al Galpón

Una vez conocida la distancia que va a recorrer el alimento y ya sabida la cantidad de alimento que se va a transportar a la tolva se puede suponer que la potencia del motor será entre 0,5 HP a 1 HP con reductor de velocidad para mantener 1720 rpm.

Una vez dentro del galpón se dejará que la gravedad actúe, dejando que el alimento caiga en forma vertical dentro de la tolva, instalando una codo en la parte final de la línea, en caso de que fueran más de una tolva se colocaría una "T" como se indica en la figura 4.8.

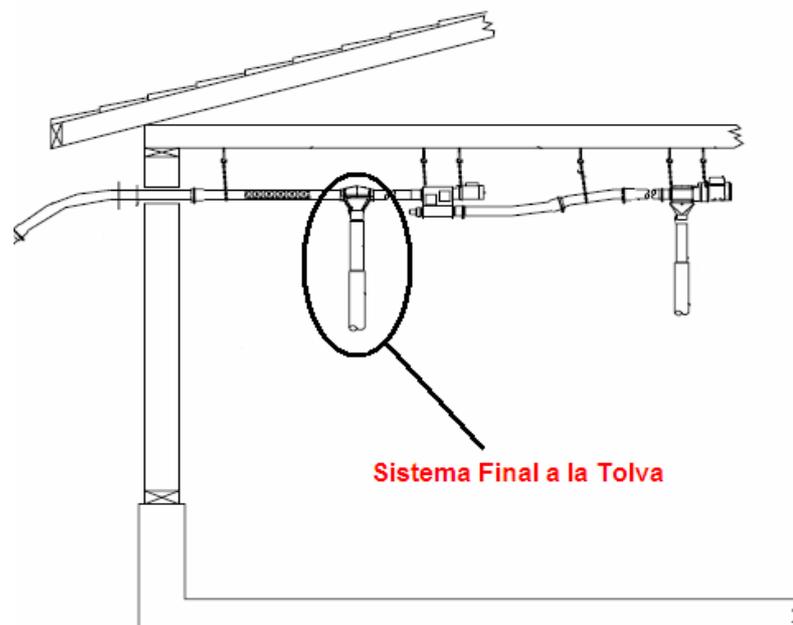


Figura. 4.8. Sistema Final a la Tolva

También la línea de transporte debe estar sujeta por malacates o columnas que eviten que la tubería se mueva o sufra sacudones que la puedan romper.

En la tolva del sistema de alimentación, se colocarán sensores de nivel (figura 4.11) para evitar una carga excesiva que permita el derrame del alimento, los sensores podrán ser ON-OFF, micro-switches, u opticos según la señal que será enviada al contactor que detendrá o activará el trabajo del motor del silo para el transporte del pienso a la tolva, como se indica a continuación con el diagrama de fuerza (figura 4.10) y control (figura 4.9).

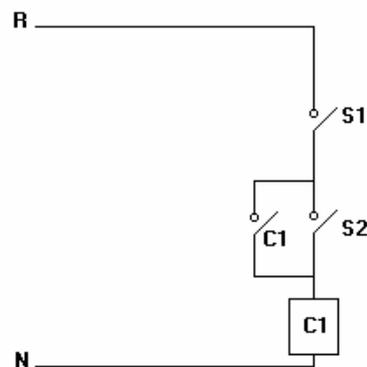


Figura. 4.9. Diagrama de Control

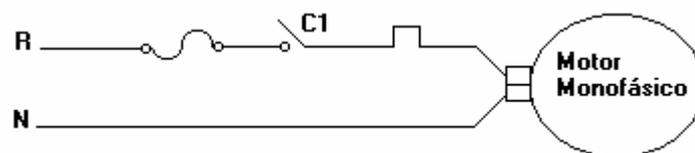


Figura. 4.10. Diagrama de Fuerza

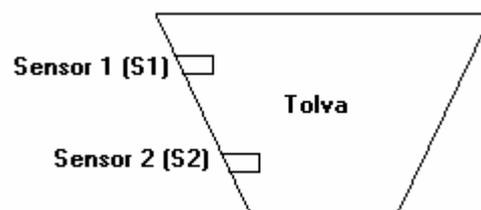


Figura. 4.11. Diagrama de tolva con sensores

CAPÍTULO 5

SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL REMOTO

5.1. INTRODUCCIÓN A LA INTERFAZ HUMANO MAQUINA

La Interfaz Humano Máquina o también conocida por su abreviación en inglés HMI (Human Machine Interface), no es mas que el estudio de los problemas relacionados con el diseño, implementación y puesta en marcha de aplicaciones de softwares que ayudan a un conjunto de personas a desarrollar tareas, es decir crear softwares que permitan de mejor manera la interacción del ser humano con el ordenador o computador en la elaboración y/o ejecución de tareas, para lo cual se realizará un estudio de las necesidades del operador para sintetizarlas en una interfaz gráfica.

La elaboración de una interfaz gráfica esta relacionada directamente con la automatización de la planta, aspecto que se logra generalmente con la inclusión de Controladores Lógicos Programables (PLCs) los cuales permiten coordinar los trabajos de la planta.

Al incluir la Interfaz Humano Máquina (HMI) se reduce el personal a uno o dos operadores por turno lo cual representaría un ahorro económico para el propietario, así mismo se reducirán las funciones de los operadores dejándoles más tiempo para el análisis y control de otros trabajos en la planta.

Para desarrollar una Interfaz Humano Máquina (HMI) se debe tomar algunos aspectos en consideración como son:

- Primero entender el Problema.

- La interfaz tendría que compensar las limitaciones humanas, tanto físicas como cognitivas, siempre que sea posible. No obstante, tendría que ser "transparente", no ponerse en el camino de las acciones del usuario o impedir su progreso. Por otra parte, la interfaz no tendría que sobrecargar al usuario con complejidades innecesarias o distraerlo de su labor.
- Los componentes físicos de la interfaz tendrían que ser diseñados ergonómicamente, teniendo presente el confort y la salud del usuario tanto como sus necesidades.
- La interfaz tendría que ser consistente.
- El estilo de interacción como manipulación directa y menús son preferibles al lenguaje de orden. Como mínimo, el usuario tendría que tener capacidad de moverse rápidamente a través de las capas de los menús.
- La interfaz debería tener acciones reversibles.
- La interfaz tendría que estar sujeta a pruebas al principio del diseño del proceso y durante su desarrollo.

Actualmente las tendencias en la creación de interfaces son sistemas cada vez más interactivos, permitiendo al usuario interactuar de una forma más natural con el computador, así mismo se están integrando sistemas de voz y gestos que permitirán una interacción mas fluida entre las máquinas y el ser humano.

Tomando en cuenta los principios del diseño se podrían definir etapas en el diseño de la Interfaz Humano Máquina (HMI):

- Trabajar directamente con el usuario para definir sus problemas y necesidades en la automatización.
- Definir los parámetros que se tomarán en cuenta para el diseño de la interfaz.
- Diseño de la Interfaz Gráfica para la fácil manipulación del operador o usuario.
- Definir niveles de accesibilidad en la información que presente la interfaz.
- Presentación de la Interfaz y rectificación de detalles para la satisfacción del cliente.

5.2. REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA INTERFAZ HUMANO MÁQUINA DEL GALPÓN “A-1” DEL IASA

Como se vio en la introducción se deben seguir una serie de pasos para el desarrollo de una buena Interfaz Humano Máquina, por lo cual el primer paso fue reunirse con el Ingeniero encargado del galpón avícola “A-1” del IASA para definir las necesidades que poseen en la parte operativa y administrativa o ejecutiva teniendo como resultado que les interesaría saber el nombre del galpón, fecha de ingreso de las aves, edad de las aves en días, número de aves alojadas, gráfico de fluctuación de temperatura, datos de temperatura y porcentaje de Humedad Relativa dentro del galpón en tiempo real.

Una vez definidas las necesidades operativas técnicas y administrativas del galpón se procede a la realización de un mapa conceptual para entender de mejor manera las necesidades de las dos áreas.

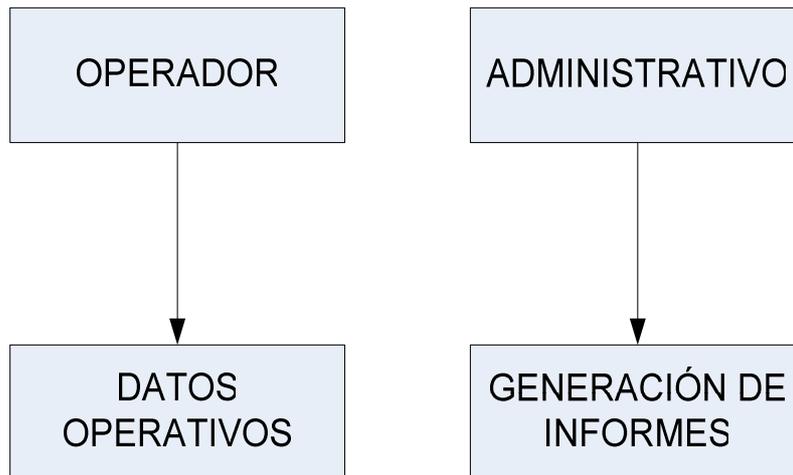


Figura. 5.1. Mapa Conceptual de las áreas

Como se puede apreciar las dos áreas están totalmente separadas pero a la vez relacionadas, es decir para la generación de informes se necesitan algunos datos de operación, pero el técnico es el único que puede supervisarlos y operarlos.

Entendidas las necesidades de las dos áreas se definen niveles de seguridad, que según lo conversado sería tres niveles:

- **Administrador**, que será el nivel asignado al ingeniero capaz de configurar o modificar la interfaz.
- **Operador**, este nivel será asignado a la persona encargada de la operación y supervisión de las actividades dentro del galpón “A-1” del IASA.
- **Ejecutivo**, Será el nivel que tendrá acceso a la parte administrativa del galpón, es decir a la parte de generación de informes diarios, más no a la parte de control y supervisión.

Estos niveles de seguridad son sumamente necesarios ya que nos permitirá definir los niveles dentro de la interfaz, restringiendo información y manipulaciones indebidas que pueden comprometer el buen desempeño del sistema.

5.3. INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI) DEL GALPÓN “A-1” DEL IASA

Ya definidos los requerimientos de construcción del HMI se realizará el diseño de la Interfaz, para lo cual se definen las jerarquías y necesidades de ventanas de acuerdo al nivel de seguridad que se maneje.

El software utilizado para la aplicación del HMI es LOOKOUT, debido a que es un sistema de fácil uso para el programador y el operador, a continuación se da una explicación del modo de trabajo de la HMI.

Al momento de ingresar a la interfaz se pide definir un nombre de usuario y contraseña, como se indica en la figura 5.2, los cuales pueden ser:

- Administrator; que tiene completo acceso a los otros dos niveles de usuario y además tiene la posibilidad de configurar el sistema.
- Operador; que tiene acceso a todas las pantallas, sin embargo no tiene opciones de configuración de ningún aspecto del sistema como en el caso de Administrator.
- Ejecutivo; Este usuario tiene el nivel más bajo, solo tiene acceso al MENU, Pantalla General de Operación, Pantalla de Alarmas y a la Generación de Informes.



Figura. 5.2. Pantalla de Ingreso de Usuario

Si el nombre de usuario y su clave están correctos, se ingresará automáticamente a la pantalla “MENU”, de donde se podrá navegar entre las pantallas y en la cual se encuentra el botón “Ingreso de Aves”, solo habilitado para los usuarios Administrator y Operador, botón que desplegará la pantalla “Ingreso de Aves al Galpón” que permitirá ingresar la fecha de un nuevo grupo de aves y también el número de días que tendrán que estar dentro del galpón, no mas de 56 y no menos de 30 días.

La pantalla de “Ingreso de Aves al Galpón” (figura 5.3) aparecerá cuando una nueva crianza se necesite, una vez ingresados los datos no se podrán reemplazar, y en lugar del botón “Ingreso de Aves” aparecerá el botón “Cancelar Crianza”, el cual encerrará los registros y habilitará nuevamente el galpón para un nuevo ingreso si es presionado.

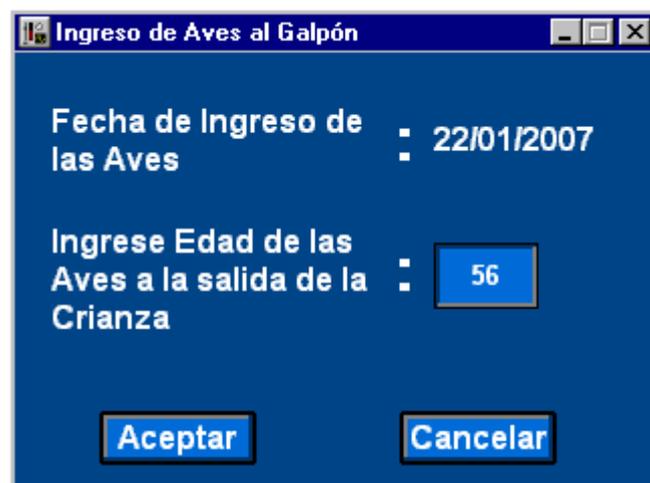


Figura. 5.3. Pantalla “Ingreso de Aves al Galpón”

En la pantalla “MENU” (figura 5.4) se encuentran botones que permiten el acceso a todos los modos de operación que posee el galpón, tomando en cuenta que solo podrá navegar en estos modos si tienen el nivel requerido, condición indicada anteriormente.

En la pantalla también existe un espacio de alarmas en el cual en caso de existir alguna alarma aparecerá un indicativo, de acuerdo a la emergencia de la alarma, describiendo el tipo de problema.



Figura. 5.4. Pantalla "MENU"

Debajo del botón "Ingreso de Aves" se encuentra el botón "Pantalla General de Operaciones" el cual llevará a la pantalla "Pantalla General de Operaciones" (figura 5.5), la cual tendrá datos genéricos del proceso como son la temperatura y humedad dentro del galpón, y un gráfico con la figura del galpón, hecho en AutoCad, en el cual el operador podrá ver en la medida de lo posible si los extractores están encendidos o no.

También consta con una barra de navegación para la interacción entre el usuario y la Interfaz, en caso de existir una alarma se desplegará un indicativo como en el caso de la pantalla "MENU".



Figura. 5.5. "Pantalla General de Operaciones"

Pantalla "Pantalla de Alarmas", se tendrá un listado de las alarmas que se pueden producir junto con un gráfico que simbolice el tipo de alarma y una breve explicación de la misma, como se muestra en la figura 5.6, también consta con una barra de navegación la cual le permitirá navegar entre las pantallas que su nivel lo permita.

Pantalla "Generación de Informes"; Consta con datos operativos y administrativos, también tiene un Hyper Trend que realiza la gráfica Temperatura Vs. Tiempo, como se encuentra en la figura 5.7.

Al igual que en las demás pantallas consta con una barra de navegación y un espacio indicador de Alarmas.

Luego se tienen los modos de funcionamiento del galpón, los cuales son: Ventilación Mínima (figura 5.8), Modo de Enfriamiento (figura 5.9), Modo de Calentamiento (figura 5.10), Modo de Humedad (figura 5.11) y Modo de Túnel (figura 5.12); cada pantalla de modo posee una barra de desplazamiento, al igual

que en las demás pantallas, que le permitirá navegar en la interfaz restringido tan solo por el nivel de usuario con el que este registrado.



Figura. 5.6. Pantalla de Alarmas

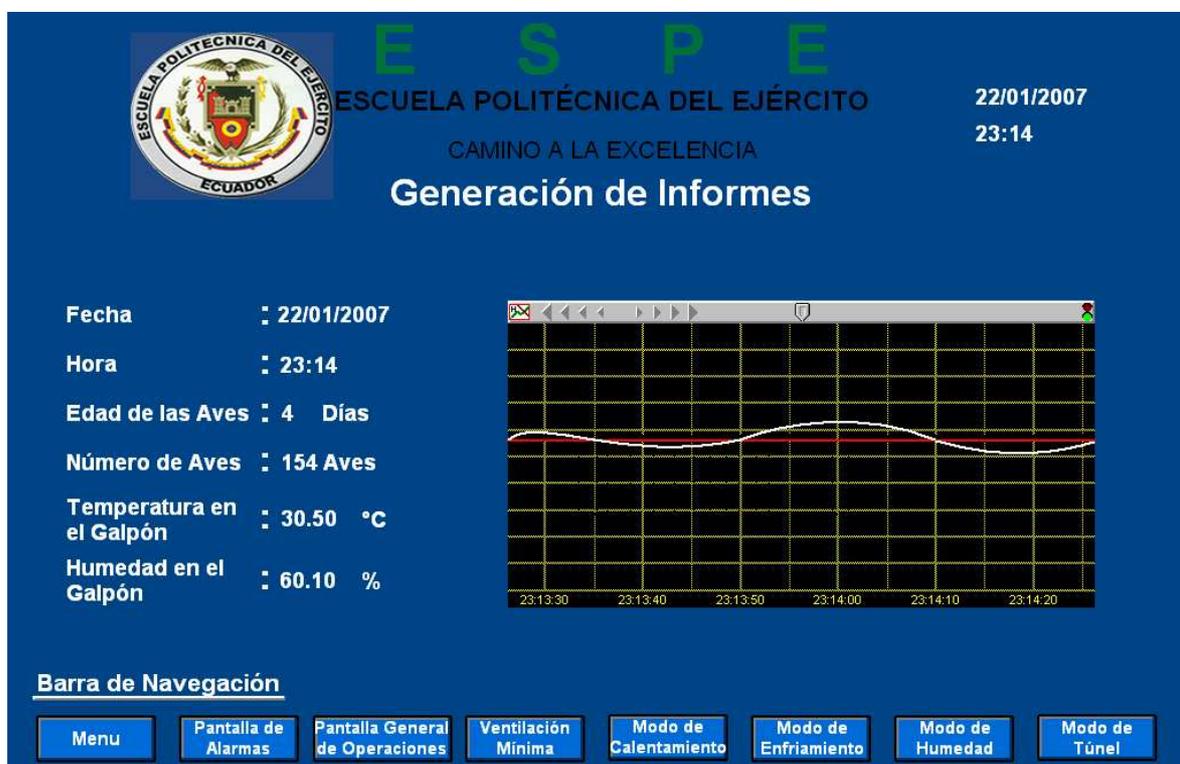


Figura. 5.7. Generación de Informes

En las pantallas existe un gráfico explicativo del proceso en el cual se encuentre, es decir que existirá una imagen del galpón hecha en AutoCad la cual permitirá que el usuario reconozca de mejor manera el proceso y que dato se esta indicando.



Figura. 5.8. Ventilación Mínima



Figura. 5.9. Modo de Enfriamiento



Figura. 5.10. Modo de Calentamiento



Figura. 5.11. Modo de Humedad



Figura. 5.12. Modo de Túnel

Las alarmas podrán verse no importa la pantalla en la que se encuentre el usuario ni el nivel que este tenga, para reconocer una alarma se deberá hacer clic en el botón “ACK” acknowledge.

Las Alarmas serán desplazadas con variaciones fuera de los rangos de temperatura y humedad dentro del galpón, para cada aumento o descenso de temperatura fuera del rango se ha previsto que se active un modo de operación, de la misma manera se ha considerado con la humedad dentro del galpón.

La temperatura puede ser Muy Alta, donde entra a funcionar el Modo Túnel, Alta, en la cual trabaja el Modo de Enfriamiento y Baja, que actuara el Modo de Calentamiento, en el caso de la Humedad debido a que en el IASA no existen cambios bruscos en la humedad solo se ha previsto su control por medio del modo de enfriamiento, sin embargo se tienen alarmas de humedad alta y baja, estos rangos se especifican en el capítulo 3.

Las Alarmas titilarán en rojo hasta que el operador presione el botón de ACK, sin embargo la alarma seguirá visible hasta que se solucione el problema.

Existen también mensajes de advertencia que saldrán como Pop-Out cuando se active algún modo de operación dentro del galpón, solo para que el usuario sepa que se ha producido ese evento.

5.4. INTRODUCCIÓN AL RADIO ENLACE

El Radio Enlace es la tecnología que permite la interconexión de lugares remotos a través de ondas de radio frecuencia, las cuales son generadas por la excitación de los electrones, esta excitación se puede apreciar en las antenas, las cuales son las encargadas de la difusión y recepción de las ondas.

Para el radio enlace existen dos tipos básicos de antenas: Las Omnidireccionales (figura 5.13), las cuales tienen un patrón de irradiación de 360° teóricos, y las Direccionales (figura 5.14) las cuales solo irradian su señal en una dirección específica.



Figura. 5.13. Foto de un tipo de Antena Omnidireccional



Figura. 5.14. Foto de un tipo de Antena Direccional

Para escoger un tipo de antena, tanto para la transmisión como para la recepción de la señal, se deben tomar en cuenta aspectos como:

- Área de Cobertura
- Máxima Distancia entre ellas
- Ubicación interior o exterior
- Altura en la zona que se ubicará la antena

Ahora para la ubicación de la antena se deben tener en cuenta otras consideraciones como son:

- Debe tener línea de Vista
- Si es antena direccional debe ser alineada en una sola dirección
- Si es externa debe tener un sistema de protección de descargas eléctricas

En el caso de que la distancia sea muy grande la señal se ira disminuyendo hasta correr el riesgo de perderse, por lo que en estos casos, se suelen poner repetidoras a lo largo del camino de la señal.

Cuando la antena se encuentra en el exterior corre el riesgo de ser impactada por un rayo causándole una avería o daño, para proteger sistemas de radio se usan los Lightning Arrestor, como se muestra en la figura 5.15, que son dispositivos que en caso de una descarga eléctrica desviarán esta descarga a una puesta a tierra.



Figura. 5.15. Foto de un tipo de Lightning Arrestor

5.5. DISEÑO DEL RADIO ENLACE

Para el diseño del radio enlace es necesario conocer la topografía del terreno en el que están ubicados los dos puntos de conexión.

El galpón A-1 y las oficinas se encuentran posicionados geográficamente de la manera mostrada en la figura 5.16.

Basados en la carta topográfica de la figura anterior se puede realizar el siguiente perfil de terreno Figura 5.17.



Figura. 5.16. Ubicación del galpón A-1 y oficinas del IASA

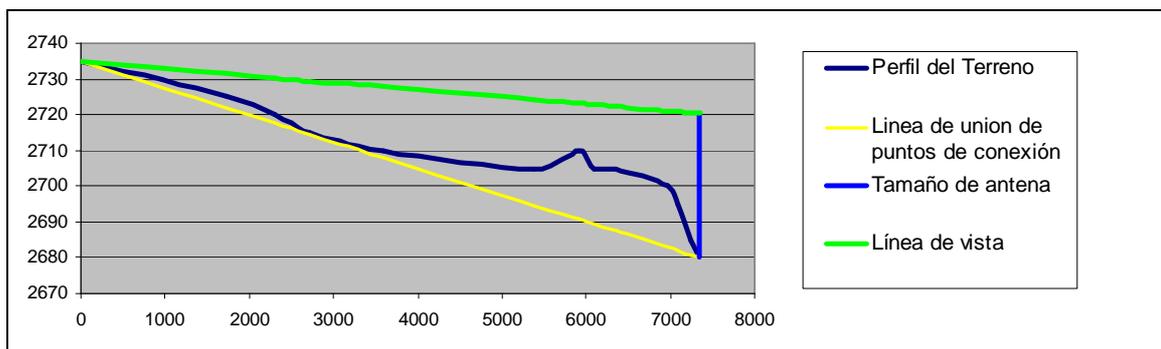


Figura. 5.17. Perfil del terreno del galpón

Como se observa no existe línea de vista porque el galpón se encuentra ubicado en una depresión; es suficiente elevar la antena 40 metros para lograr una línea de vista que sortee la depresión y la vegetación que es de aproximadamente 10m. de altura.

No es necesario elevar más la antena porque el radio módem cubre distancias mayores y el enlace es de 70 m de longitud por lo que con una pequeña línea de vista y libertad de la zona de Fresnel obtendríamos un enlace.

Es así que es necesario elevar el radio módem 40 m. Desde el galpón para lograr la línea de vista necesaria para el radio enlace.

No se consideran cálculos de potencia perdida de señal debido a la cercanía de los puntos y la potencia de transmisión del equipo, el obstáculo más dificultoso es la depresión del terreno y la vegetación, estos son fácilmente sorteados por la elevación de la antena.

CAPÍTULO 6

SIMULACION DEL SISTEMA

6.1. SIMULACIÓN DE LA PLANTA

La planta simulada es un galpón hecho en acrílico y madera en una escala de 1:10 al real, es decir con dimensiones de 1.8m. x 0.8m. x 0.25m. En el plano Anexo 4 se puede ver la forma en la que está dispuesta la planta escalada.

6.1.1. Reacondicionamiento de la Planta.

Como se pudo ver en el capítulo 3 el galpón necesitaba cierto acondicionamiento en cuanto a obra civil se refiere, estos requisitos también se presentan en la simulación y son los siguientes:

- Hay que realizar una perforación de un largo de 40 cm. y un alto de 18 cm. con el objetivo de establecer las entradas de aire para el funcionamiento del túnel de viento.
- Hay que realizar dos perforaciones de 10 cm. de ancho y 1.5 cm. de alto para el ingreso de aire hacia el galpón. Estas medidas aseguran que exista la presión negativa suficiente dentro del galpón para que fluya el aire.
- Hay que realizar 6 perforaciones cuadradas de 5 cm. a un costado del galpón para insertar los extractores de presión negativa. Se necesitan 4 perforaciones de 8 cm. para ubicar los extractores de túnel de viento.

- Para simular la base de concreto en la parte superior del galpón se utilizaron dos tapas de madera las mismas que brindan acceso fácil al modelo en escala. En el plano Anexo 5 podemos observar el plano de la planta ya remodelada.

6.2. SIMULACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.

6.2.1 Requerimientos

6.2.1.1 Control de Temperatura

- Set point variable desde 22°C. a 33°C. según curva de temperaturas de las aves.
- Uso de calentadores eléctricos basados en niquelinas.
- Uso de extractores de bajo caudal para control normal y para ventilación mínima.
- Uso de extractores de alto caudal y cortinas para ventilación por túnel en casos extremos.

6.2.1.2 Control de Humedad

- Set point de 60% con rango de operación de [50%;70%]
- Control de exceso de humedad por medio de extractores de ventilación mínima

6.2.1.3 Ubicación de Dispositivos

Referirse al Anexo 6 para revisar la ubicación de los dispositivos.

6.2.1.4 Instrumentación

- **Descripción de sensores**

El sensor de temperatura y humedad escogido tiene la posibilidad de medir temperatura y humedad con precisión de 1°C, funciona basado en un protocolo propietario de comunicación. Se realizó para la simulación un circuito de adaptación de salida del sensor digital a una salida de 0 a 5 VDC ya sea para humedad o temperatura.

Por otra parte son necesarios dos sensores inductivos con salida conmutada de 24 VDC. con transistor PNP, el sensor debe tener un alcance de medición de 0 a 4mm.

- **Descripción de actuadores**

Para el control de extracción mínima se utilizar en la simulación extractores pequeños de 5 cm. de tamaño del mismo tipo a los utilizados en las computadoras personales. Con el objetivo de poder utilizar los mismos ciclos de encendido y apagado de ventilación mínima partiendo de estos ciclos y regresando al caudal de extracción mínima que produciría. Este proceso se lo puede realizar gracias a que no hay aves dentro del prototipo. Los extractores trabajan con 12 Vdc y están conectados directamente al PLC.

Para el control de ventilación por túnel se realiza el mismo proceso descrito anteriormente para la simulación, se escala la velocidad del viento en un factor de 1:10 llegando a utilizar extractores de 8 cm. que también trabajan a 12 Vdc, con esto se llegó a una reducción máxima de temperatura de 0.61 °C.

Para el control de las cortinas se utiliza motores pequeños de juguete que trabajan con 3.3 VDC, se elaboro una tarjeta que contiene cuatro relés de 5 VDC con capacidad de manejo de corriente de 1 A. simplemente con el objetivo de efectuar el cambio de giro de los motores.

Los calentadores para la simulación están elaborados con niquelinas de 1000 Watt. Sobre bases de cerámica refractaria, estas niquelinas están controladas por un contactor que recibe la señal de control desde el PLC.

- **Descripción de la técnica de control**

La técnica de control se mantiene en lo más apegada a la real, lo cuál es el objetivo de la simulación, simplemente se realizaron pequeños cambios detallados a continuación.

- **Cambios en el modo de ventilación mínima**

El proceso normal de cálculo de ventilación mínima utiliza la cantidad de aves para llegar a establecer un flujo de aire necesario y en base a este flujo se llega a un ciclo de encendido y apagado de extractores como se indicó en el capítulo 3. Para la simulación se parte del ciclo de encendido y apagado sin importar la cantidad de extracción de aire ya que no van a haber aves dentro del galpón. Como el objetivo es hacer lo más real el proceso de control se tiene los mismos ciclos de encendido y apagado. Los extractores van en la proporción de escala 1:10 más cercana hallada en el mercado.

- **Cambios en modo túnel**

El modo túnel en el caso de la simulación utiliza la velocidad de viento escalada con el mismo factor 1:10 razón por la cual la temperatura se ve afectada en su rango de disminución cambiando de 10 °C. a 0.61 °C.

6.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA IMPLEMENTADO

El sistema implementado es una simulación de una posible implementación en la realidad, en el Anexo 7 se presenta un diagrama de bloques esquematizado del sistema.

El sistema está compuesto por los siguientes elementos:

- Controlador Lógico Programable
- Motores de cortinas
- Sensores inductivos
- Extractores de ventilación mínima
- Extractores de ventilación de túnel
- Sensor de Temperatura y humedad
- Tarjeta de adaptación de sensor de temperatura y humedad
- Tarjeta de control de motores

6.3.1 Controlador Lógico Programable

6.3.1.1 Función.

El PLC tiene como función principal ser el eje del control del sistema además de ser el concentrador de comunicación con la oficina principal o computador de interfaz HMI.

6.3.1.2 Lógica de control.

EL PLC trabaja de la siguiente manera:

Genera una temporización de 10 segundos para cambiar de modo de control entre control de temperatura y control de humedad. Al mismo tiempo trabaja con temporizaciones diarias que cambian el Set Point de temperatura y el ciclo de ventilación mínima.

De esta forma, se tiene al PLC trabajando en tres modos:

- Modo de control de temperatura.
- Modo de control de humedad.
- Modo de ventilación mínima.

En el modo de control de temperatura se trabaja con histéresis de la manera explicada en el capítulo 3.

En el modo de control de humedad se trabaja con histéresis de la forma explicada en el capítulo 3.

En el modo de control de ventilación mínima se genera una señal que en la realidad se debería generar cada día para cambiar el Set Point de temperatura y el ciclo de encendido y apagado de ventilación mínima. Esta señal se genera cada 5 minutos.

6.3.1.3 Hardware.

El PLC escogido para la implementación fue el MODICON MICRO 612/0 por facilidad y disposición del mismo. En el Anexo 19 - datasheet 1 se presenta la hoja de datos del PLC.

El PLC es el elemento integrador del sistema así que todos los elementos van conectados a él.

En el Anexo 8 se presenta el plano de conexiones del PLC.

6.3.1.4 Software.

Como se explico anteriormente existen 3 modos de funcionamiento del PLC los cuales son activados por señales temporizadas así que primero se explicará de qué manera se generaron las señales temporizadas.

- **Señales temporizadas.**
 - **Temporización de temperatura y humedad.**

Como se puede apreciar en el Anexo 7 en el diagrama de bloques del sistema es necesario que el PLC envíe una señal de control hacia la interfaz del sensor para indicar que este efectúe una medición de temperatura o de humedad relativa, esta señal se envía por la primera salida del PLC (00001), la temporización se genera de la siguiente manera:



Figura. 6.1. Temporización de temperatura y humedad.

El primer temporizador cuenta diez segundos, durante este tiempo mantiene encendida la bobina 00001 para que se efectúe una medición de temperatura. Después de los diez segundos activa la bobina 00077 la misma que da una señal de inicio al segundo temporizador que mantiene apagada la bobina 00001 por 10 segundos, cuando el segundo temporizador se detiene se activa la bobina 00078 que resetea los temporizadores y empieza un nuevo ciclo.

– **Temporización de ventilación mínima y Set Point.**

Es necesario que el Set Point de temperatura cambie cada día debido a que las aves tienen diferentes requerimientos de temperatura diarios. Además de tener diferentes requerimientos diarios de temperatura se tienen diferentes requerimientos diarios de ventilación mínima y por ende de ciclos de encendido y apagado de los extractores. En la figura 6.2 y figura 6.3 se presenta el programa de temporización de ventilación mínima y Set Point.

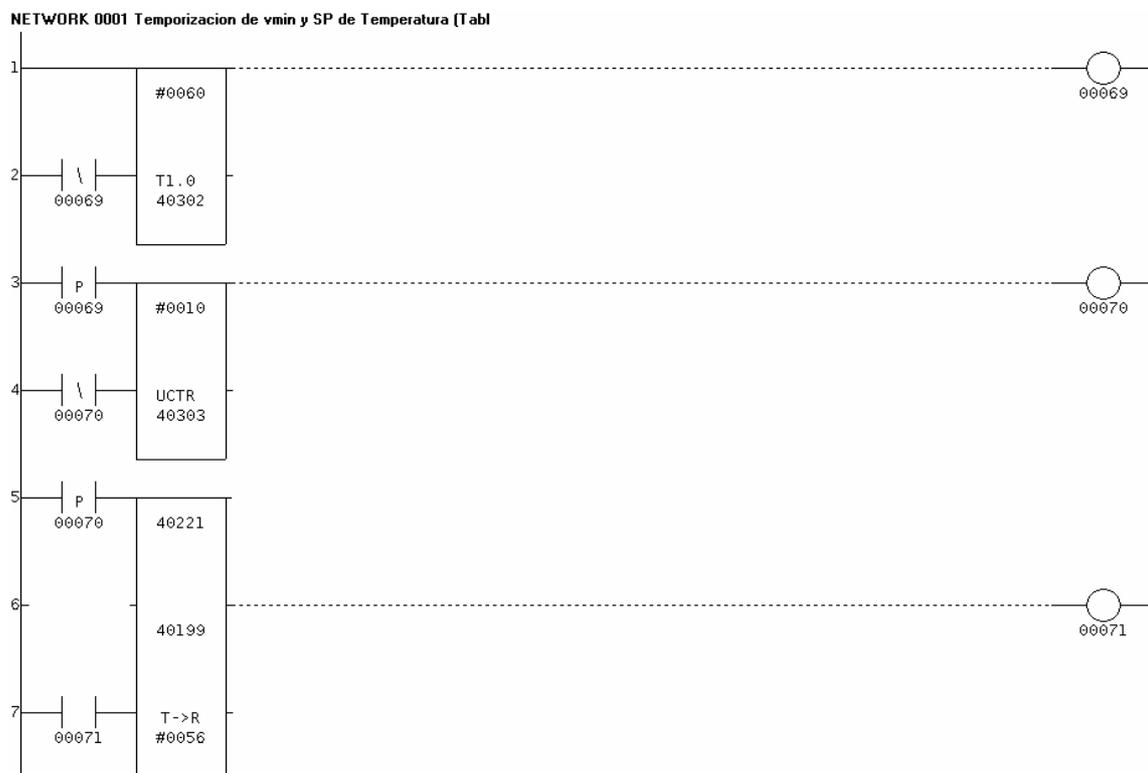


Figura. 6.2. Temporización de S.P. y Ventilación mínima 1.

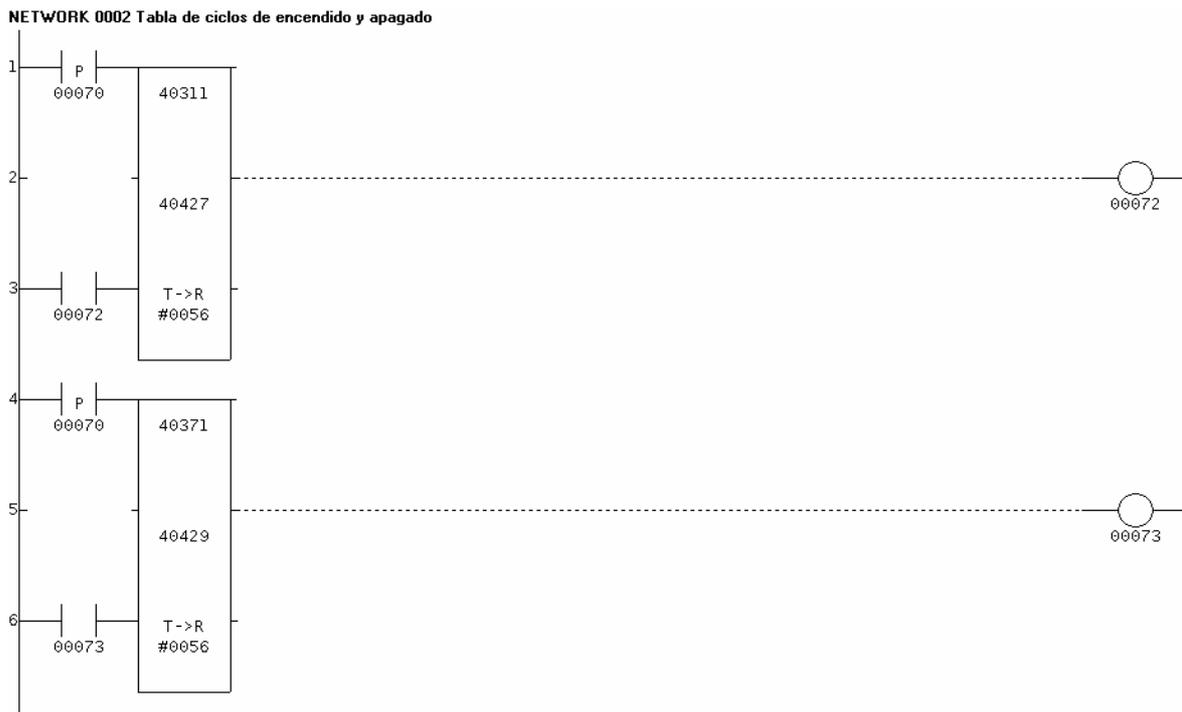


Figura. 6.3. Temporización de S.P. y Ventilación mínima 2.

Para lograr la temporización de 10 minutos (en la realidad un día) se vale de un temporizador y un contador. El temporizador está siempre activado y da un pulso a la bobina 00069 cada minuto. El pulso de cada minuto es recogido como señal de conteo por el contador el mismo que se incrementa hasta 10 minutos dando un pulso a la bobina 00070 cada 10 minutos.

De aquí en adelante se utilizan bloques de transferencia de tablas a registros para cambiar el Set Point de temperatura y ventilación mínima. Las tablas de ventilación mínima y de Set Point de temperatura corresponden a los registros y valores de la tabla 6.1, tabla 6.2 y tabla 6.3.

Tabla. 6.1. Tabla de Set Points

Registro	Descripción	Valor
40221	Set Point de T del día 1	3328
40222	Set Point de T del día 2	3288
40223	Set Point de T del día 3	3249
40224	Set Point de T del día 4	3209
40225	Set Point de T del día 5	3170
40226	Set Point de T del día 6	3130
40227	Set Point de T del día 7	3090
40228	Set Point de T del día 8	3051

Tabla. 6.1. Tabla de Set Points (continuación)

Registro	Descripción	Valor
40229	Set Point de T del día 9	3011
40230	Set Point de T del día 10	2972
40231	Set Point de T del día 11	2932
40232	Set Point de T del día 12	2893
40233	Set Point de T del día 13	2853
40234	Set Point de T del día 14	2813
40235	Set Point de T del día 15	2774
40236	Set Point de T del día 16	2734
40237	Set Point de T del día 17	2695
40238	Set Point de T del día 18	2655
40239	Set Point de T del día 19	2616
40240	Set Point de T del día 20	2576
40241	Set Point de T del día 21	2537
40242	Set Point de T del día 22	2497
40243	Set Point de T del día 23	2457
40244	Set Point de T del día 24	2418
40245	Set Point de T del día 25	2378
40246	Set Point de T del día 26	2339
40247	Set Point de T del día 27	2299
40248	Set Point de T del día 28	2260
40249	Set Point de T del día 29	2220
40250	Set Point de T del día 30	2220
40251	Set Point de T del día 31	2220
40252	Set Point de T del día 32	2220
40253	Set Point de T del día 33	2220
40254	Set Point de T del día 34	2220
40255	Set Point de T del día 35	2220
40256	Set Point de T del día 36	2220
40257	Set Point de T del día 37	2220
40258	Set Point de T del día 38	2220
40259	Set Point de T del día 39	2220
40260	Set Point de T del día 40	2220
40261	Set Point de T del día 41	2220
40262	Set Point de T del día 42	2220
40263	Set Point de T del día 43	2220
40264	Set Point de T del día 44	2220
40265	Set Point de T del día 45	2220
40266	Set Point de T del día 46	2220
40267	Set Point de T del día 47	2220
40268	Set Point de T del día 48	2220
40269	Set Point de T del día 49	2220
40270	Set Point de T del día 50	2220
40271	Set Point de T del día 51	2220
40272	Set Point de T del día 52	2220
40273	Set Point de T del día 53	2220
40274	Set Point de T del día 54	2220
40275	Set Point de T del día 55	2220
40276	Set Point de T del día 56	2220

Tabla. 6.2. Tabla de ciclos ON (de ventilación mínima)

Registro	Descripción	Valor
40311	Ton día 1	45
40312	Ton día 2	58
40313	Ton día 3	70
40314	Ton día 4	82
40315	Ton día 5	92
40316	Ton día 6	103
40317	Ton día 7	114
40318	Ton día 8	127
40319	Ton día 9	140
40320	Ton día 10	151
40321	Ton día 11	162
40322	Ton día 12	175
40323	Ton día 13	187
40324	Ton día 14	197
40325	Ton día 15	213
40326	Ton día 16	230
40327	Ton día 17	245
40328	Ton día 18	260
40329	Ton día 19	207
40330	Ton día 20	217
40331	Ton día 21	228
40332	Ton día 22	244
40333	Ton día 23	259
40334	Ton día 24	275
40335	Ton día 25	290
40336	Ton día 26	304
40337	Ton día 27	320
40338	Ton día 28	333
40339	Ton día 29	348
40340	Ton día 30	362
40341	Ton día 31	377
40342	Ton día 32	391
40343	Ton día 33	405
40344	Ton día 34	419
40345	Ton día 35	433
40346	Ton día 36	450
40347	Ton día 37	466
40348	Ton día 38	483
40349	Ton día 39	500
40350	Ton día 40	517
40351	Ton día 41	428
40352	Ton día 42	441
40353	Ton día 43	458
40354	Ton día 44	476
40355	Ton día 45	493
40356	Ton día 46	512
40357	Ton día 47	442
40358	Ton día 48	457

Tabla. 6.2. Tabla de ciclos ON (de ventilación mínima) Continuación

Registro	Descripción	Valor
40359	Ton dia 49	473
40360	Ton dia 50	484
40361	Ton dia 51	494
40362	Ton dia 52	506
40363	Ton dia 53	515
40364	Ton dia 54	526
40365	Ton dia 55	538
40366	Ton dia 56	541

Tabla. 6.3. Tabla de ciclos OFF (de ventilación mínima)

Registro	Descripción	Valor
40371	Toff dia 1	675
40372	Toff dia 2	662
40373	Toff dia 3	650
40374	Toff dia 4	638
40375	Toff dia 5	628
40376	Toff dia 6	617
40377	Toff dia 7	606
40378	Toff dia 8	593
40379	Toff dia 9	580
40380	Toff dia 10	569
40381	Toff dia 11	558
40382	Toff dia 12	545
40383	Toff dia 13	533
40384	Toff dia 14	523
40385	Toff dia 15	507
40386	Toff dia 16	490
40387	Toff dia 17	475
40388	Toff dia 18	460
40389	Toff dia 19	513
40390	Toff dia 20	503
40391	Toff dia 21	492
40392	Toff dia 22	476
40393	Toff dia 23	461
40394	Toff dia 24	445
40395	Toff dia 25	430
40396	Toff dia 26	416
40397	Toff dia 27	400
40398	Toff dia 28	387
40399	Toff dia 29	372
40400	Toff dia 30	358
40401	Toff dia 31	343
40402	Toff dia 32	329
40403	Toff dia 33	315
40404	Toff dia 34	301
40405	Toff dia 35	287
40406	Toff dia 36	270
40407	Toff dia 37	254

Tabla. 6.3. Tabla de ciclos OFF (de ventilación mínima) Continuación

Registro	Descripción	Valor
40408	Toff dia 38	237
40409	Toff dia 39	220
40410	Toff dia 40	203
40411	Toff dia 41	292
40412	Toff dia 42	279
40413	Toff dia 43	262
40414	Toff dia 44	244
40415	Toff dia 45	227
40416	Toff dia 46	208
40417	Toff dia 47	278
40418	Toff dia 48	263
40419	Toff dia 49	247
40420	Toff dia 50	236
40421	Toff dia 51	226
40422	Toff dia 52	214
40423	Toff dia 53	205
40424	Toff dia 54	194
40425	Toff dia 55	182
40426	Toff dia 56	179

- **Control de temperatura.**

El sistema de temperatura realiza los siguientes pasos de control:

- **Adaptación del sensor**

La adaptación del sensor tiene como objetivo captar la señal de 0 a 5 VDC, procesarla y guardarla en un registro del PLC en forma de unidades de ingeniería acorde a la siguiente recta:

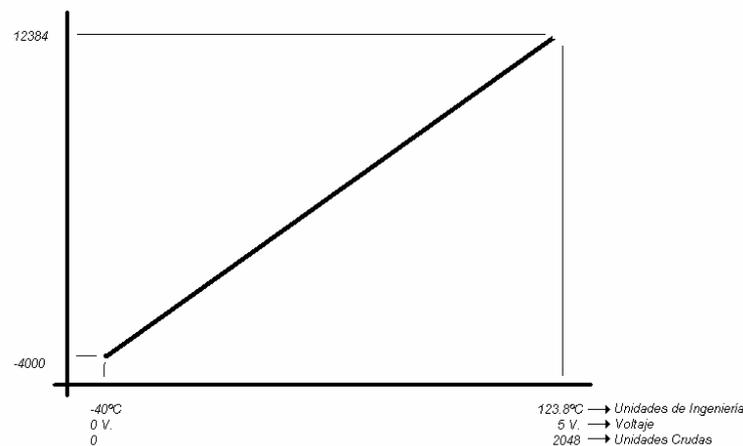


Figura. 6.4. Recta de adaptación del sensor

Utilizando la recta anterior se llega a la conclusión de que la ecuación de adaptación es la siguiente:

$$U_{ing} = Input \times 8 - 4000$$

Para lograr la anterior ecuación en el PLC se programa el siguiente circuito:

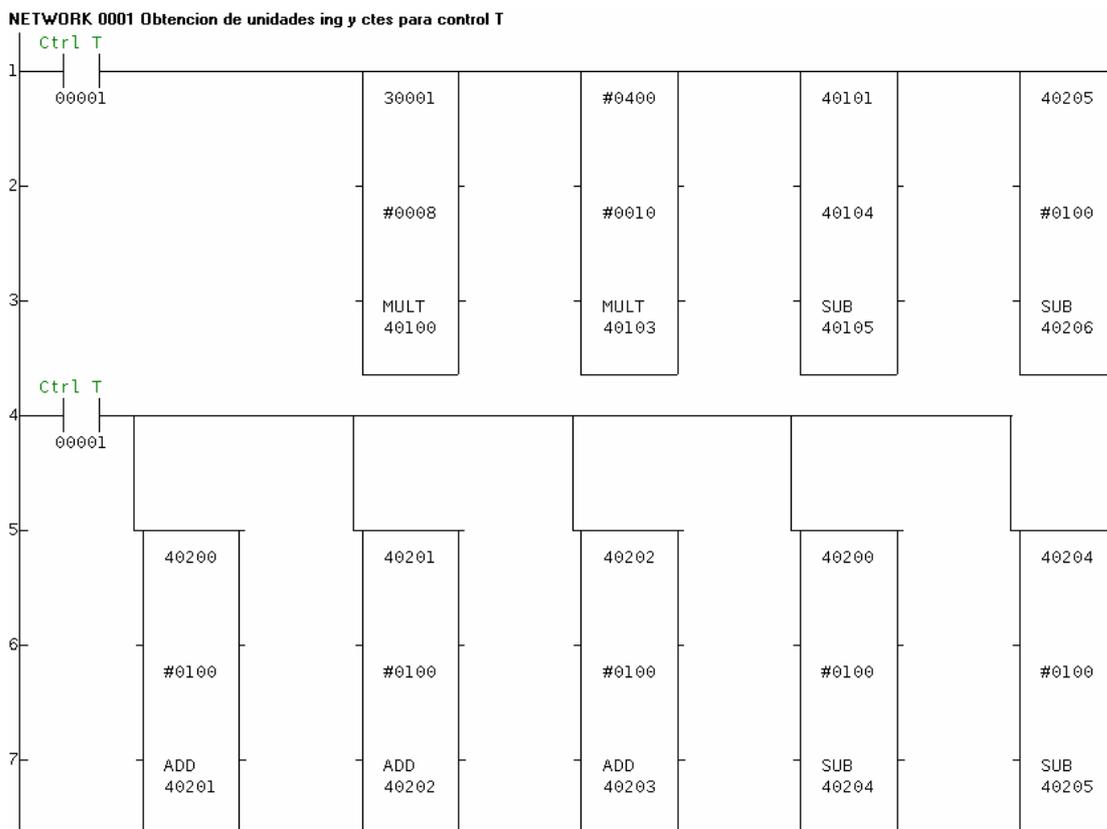


Figura. 6.5. Adaptación de la señal del sensor

La entrada 30001 es multiplicada por 8 y colocada en los registros 40100 y 40101. Luego, en el registro 40103 se carga el valor numérico de “4000”, en el registro 40105 queda el resultado de la ecuación.

Además en los registros 40200, 40201, 40202, 40203, 40205, 40206 se colocan los valores de S.P, S.P. + 1, S.P. + 2, S.P. + 3, S.P. - 1, S.P. - 2, S.P. - 3, respectivamente.

Los registros relacionados con el proceso descrito anteriormente son los siguientes:

Tabla. 6.4. Registros asociados.

Registro	Descripción
30001	Entrada analógica para Temperatura y humedad
40100	Transformación a temperatura
40101	Transformación a temperatura
40103	Transformación a temperatura
40104	Residuo de temperatura
40105	Temperatura en unidades de ingeniería
40199	Auxiliar S.P. Diario (Día de inicio -1)
40200	S.P de Temperatura
40201	S.P + 1°
40202	S.P + 2°
40203	S.P +3°
40204	S.P - 1°
40205	S.P - 2°
40206	S.P - 3°

- **Comparación de la variable de proceso con los límites de histéresis.**

Es necesario para el desarrollo del lazo de histéresis comparar el valor de la variable de proceso con los límites de histéresis, la idea es obtener las siguientes comparaciones:

- $P.V. > S.P - 2^{\circ}C.$
- $P.V. < S.P - 2^{\circ}C.$
- $P.V. > S.P.$
- $P.V. < S.P.$
- $P.V. > S.P + 1^{\circ}C.$
- $P.V. < S.P + 1^{\circ}C.$

- $P.V. > S.P + 2^{\circ}C.$
- $P.V. < S.P + 2^{\circ}C.$

Para ello se utilizan bloques de substracción y bobinas auxiliares como se muestra en la figura 6.6.

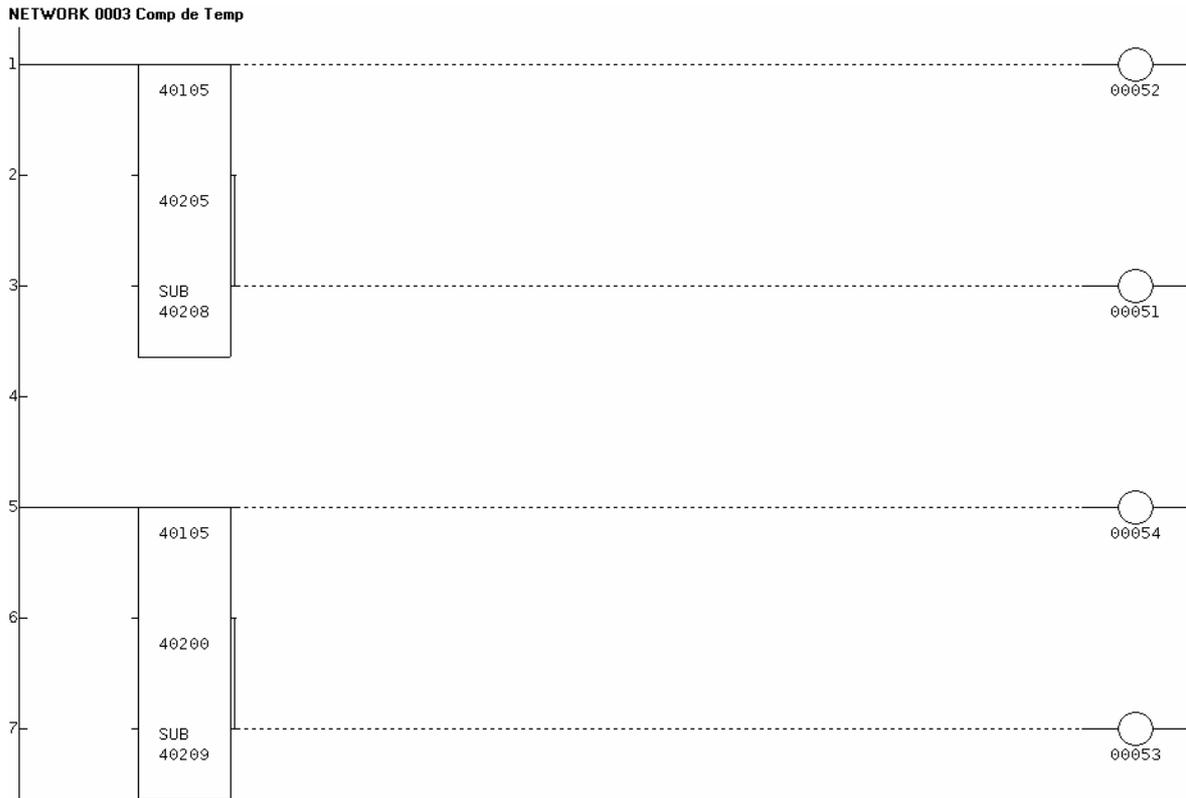


Figura. 6.6. Adaptación de la señal del sensor

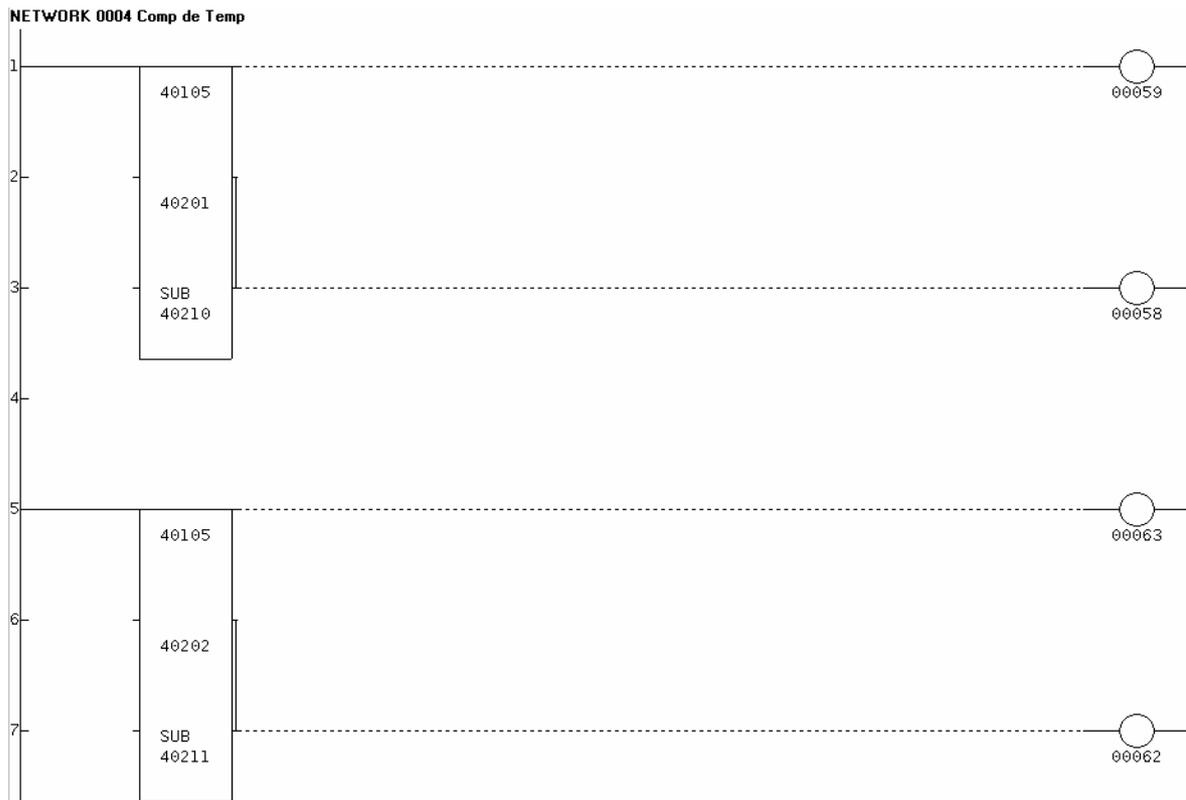


Figura. 6.6. Adaptación de la señal del sensor (continuación)

Los registros y bobinas asociados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla. 6.5. Adaptación de la señal del sensor (registros y bobinas)

Registro	Descripción
51	Temperatura menor que SP-2
52	Temperatura mayor que SP-2
53	Temperatura menor que SP
54	Temperatura mayor que SP
58	Temperatura menor que SP+1
59	Temperatura mayor que SP+1
62	Temperatura menor que SP+2
63	Temperatura mayor que SP+2
40208	Auxiliar control T
40209	Auxiliar control T
40210	Auxiliar control T
40211	Auxiliar control T

- **Activación y ejecución del modo de control.**

Una vez que ya se ha comparado la variable de proceso con los límites de histéresis se puede trabajar con los lazos de acuerdo a lo mostrado en el capítulo 3.

Los quemadores son el eje fundamental del modo de calentamiento junto a los extractores de presión negativa. Estos trabajan con el lazo mostrado en la figura 6.7, además la bobina 00055 activa un sistema de temporización que enciende los quemadores por 60 seg. Y los apagan por 30 seg. y a la vez acciona los extractores de presión negativa, logrando así evitar el recalentamiento de las niquelinas.

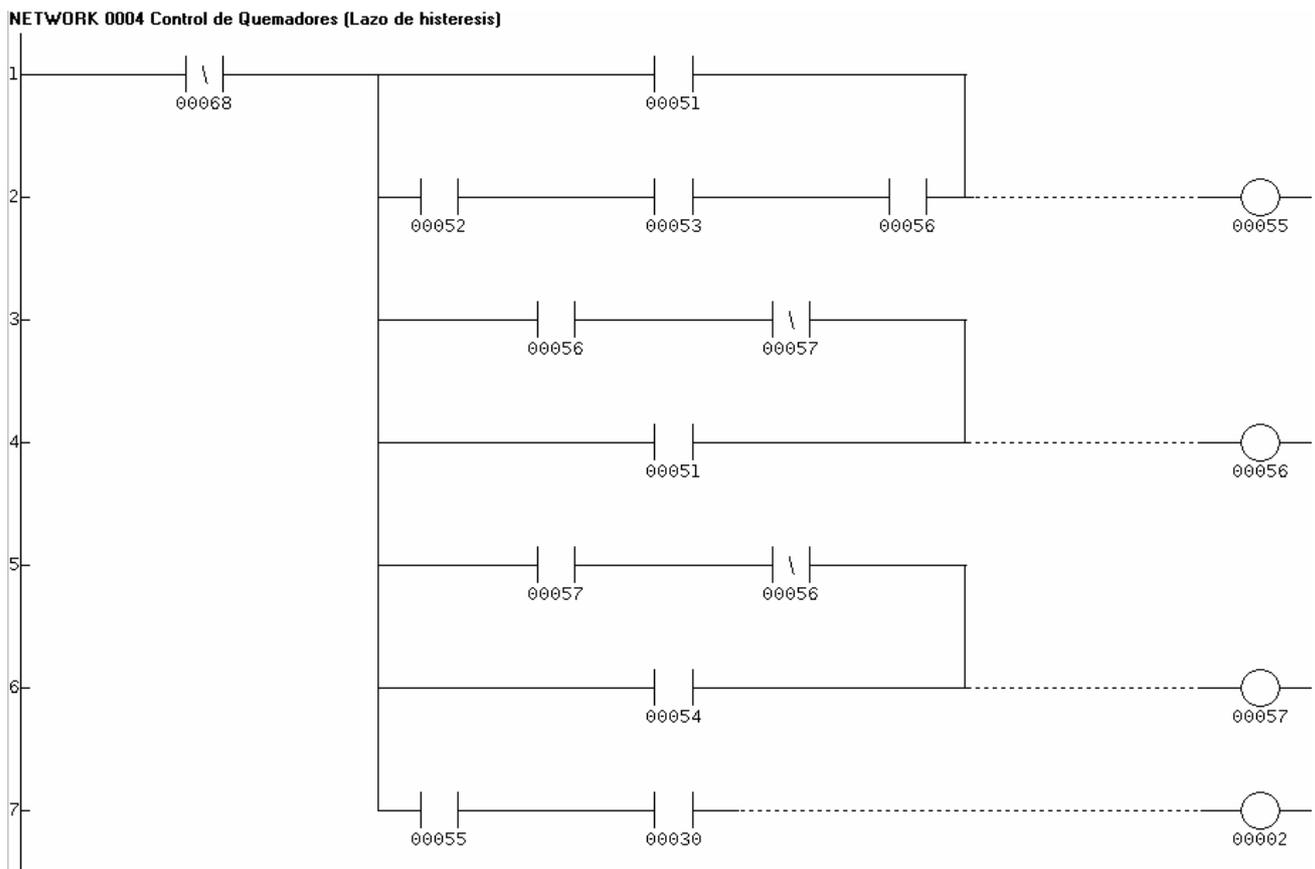


Figura. 6.7. Control de quemadores



Figura. 6.7. Control de quemadores (continuación)

Los registros y bobinas involucradas son las siguientes:

Tabla. 6.6. Bobinas y registros asociados al modo de calentamiento

Registro	Descripción
40300	Auxiliar de timer para calentador
40301	Auxiliar de timer para calentador
30	Timer de encendido y apagado de Quemador
31	Auxiliar ON/OFF Quemador
32	Auxiliar ON/OFF Quemador
55	Bobina de comando de quemador
56	Auxiliar histeresis quemador
57	Auxiliar histeresis quemador
2	Calentadores

El modo de enfriamiento hace uso de los extractores de presión negativa activándolos en caso de ser necesario de acuerdo al lazo de histéresis revisado en el capítulo 3. El control se realiza como se indica en la figura 6.8.

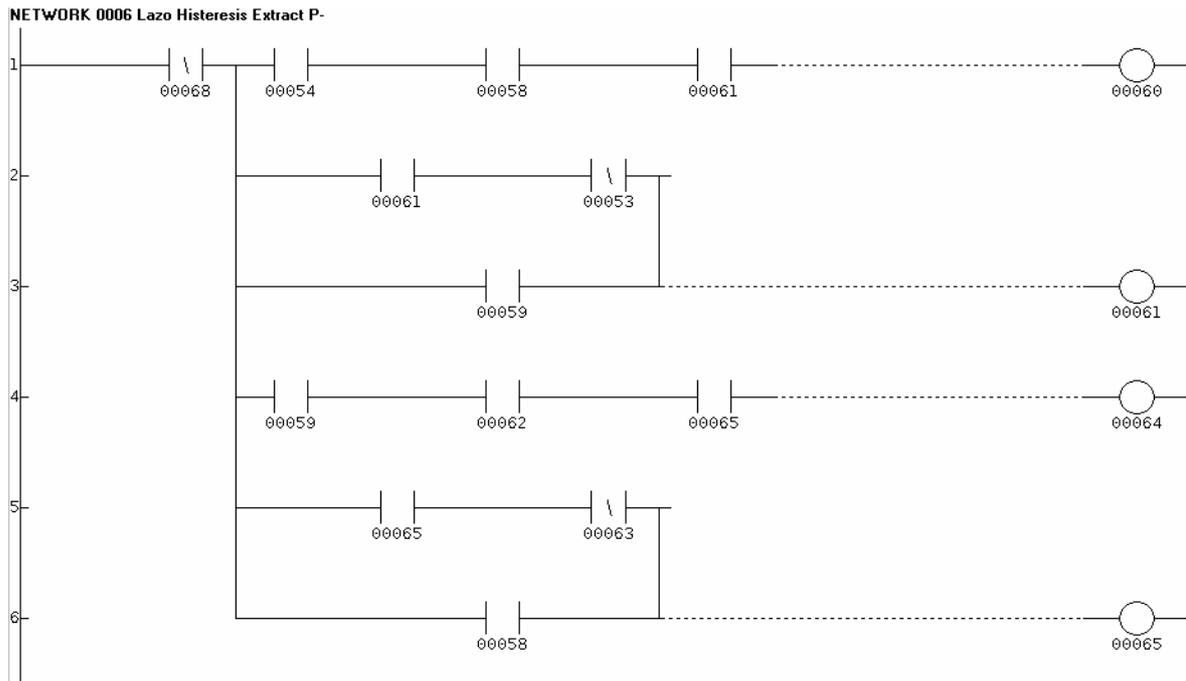


Figura. 6.8. Modo de enfriamiento

Los registros y bobinas asociadas con el proceso se encuentran detallados en la tabla 6.7.

Tabla. 6.7. Bobinas y registros asociados al modo de enfriamiento

Registro	Descripción
68	Bobina de comando de Túnel
54	Temperatura mayor que SP
58	Temperatura menor que SP+1
61	Auxiliar histéresis extractores P-
53	Temperatura menor que SP
59	Temperatura mayor que SP+1
62	Temperatura menor que SP+2
65	Auxiliar histéresis extractores P-
63	Temperatura mayor que SP+2
58	Temperatura menor que SP+1
64	Bobina de comando de V-
60	Bobina de comando de V-

El modo de túnel activa el lazo conforme a lo mostrado en el capítulo 3 utiliza el control de 4 extractores frontales y el control de las cortinas de acceso de aire al túnel de viento.

El control de los extractores funciona como se indica en la figura 6.9.

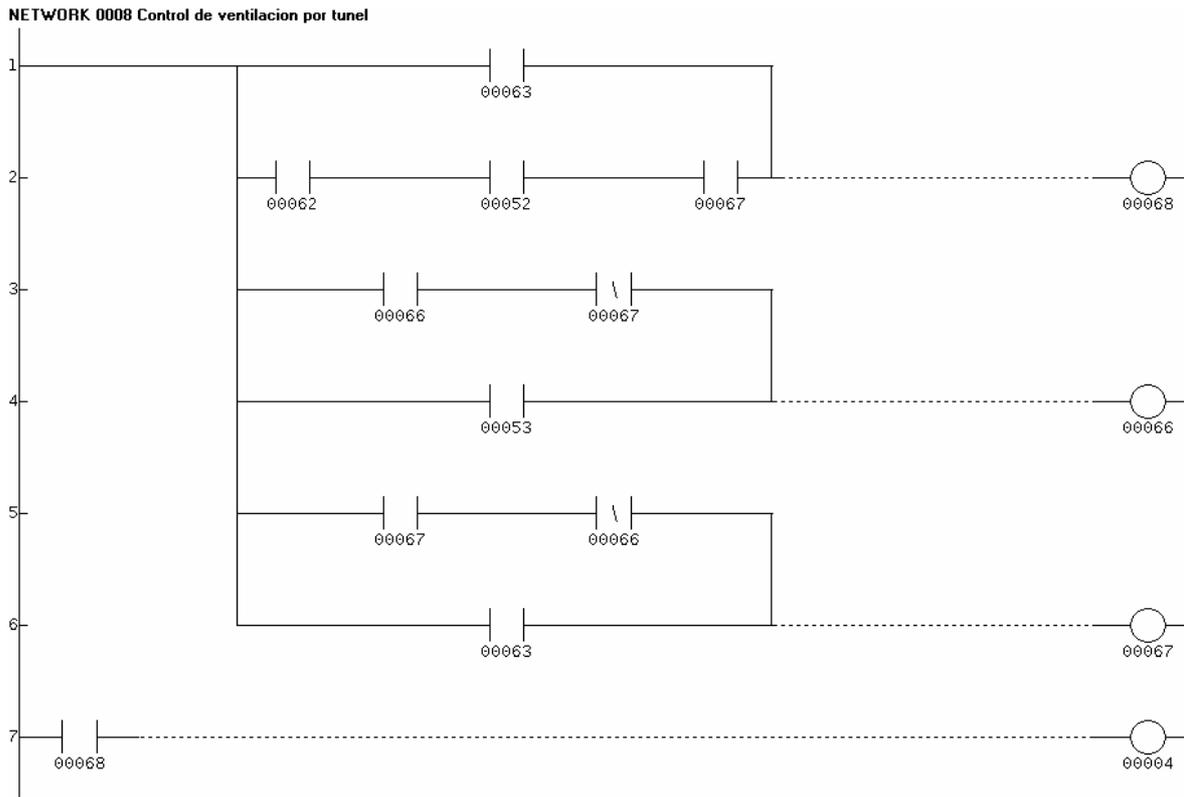


Figura. 6.9. Modo de Túnel (Extractores)

Las bobinas asociadas con el modo de túnel se encuentran registradas en la tabla 6.8.

Tabla. 6.8. Bobinas y registros asociados a modo Túnel

Registro	Descripción
52	Temperatura mayor que SP-2
53	Temperatura menor que SP
62	Temperatura menor que SP+2
65	Auxiliar histéresis extractores P-
63	Temperatura mayor que SP+2
66	Auxiliar histéresis extractores Túnel
67	Auxiliar histéresis extractores Túnel
68	Bobina de comando de Túnel

En el caso de las cortinas se debe recoger la señal de los sensores inductivos acoplados a la rueda con bordes metálicos realizar una cuenta de pulsos y de acuerdo a esa cuenta activar o desactivar los motores de apertura.

En la figura 6.10 se presenta el programa del PLC que ejecuta el control de las cortinas

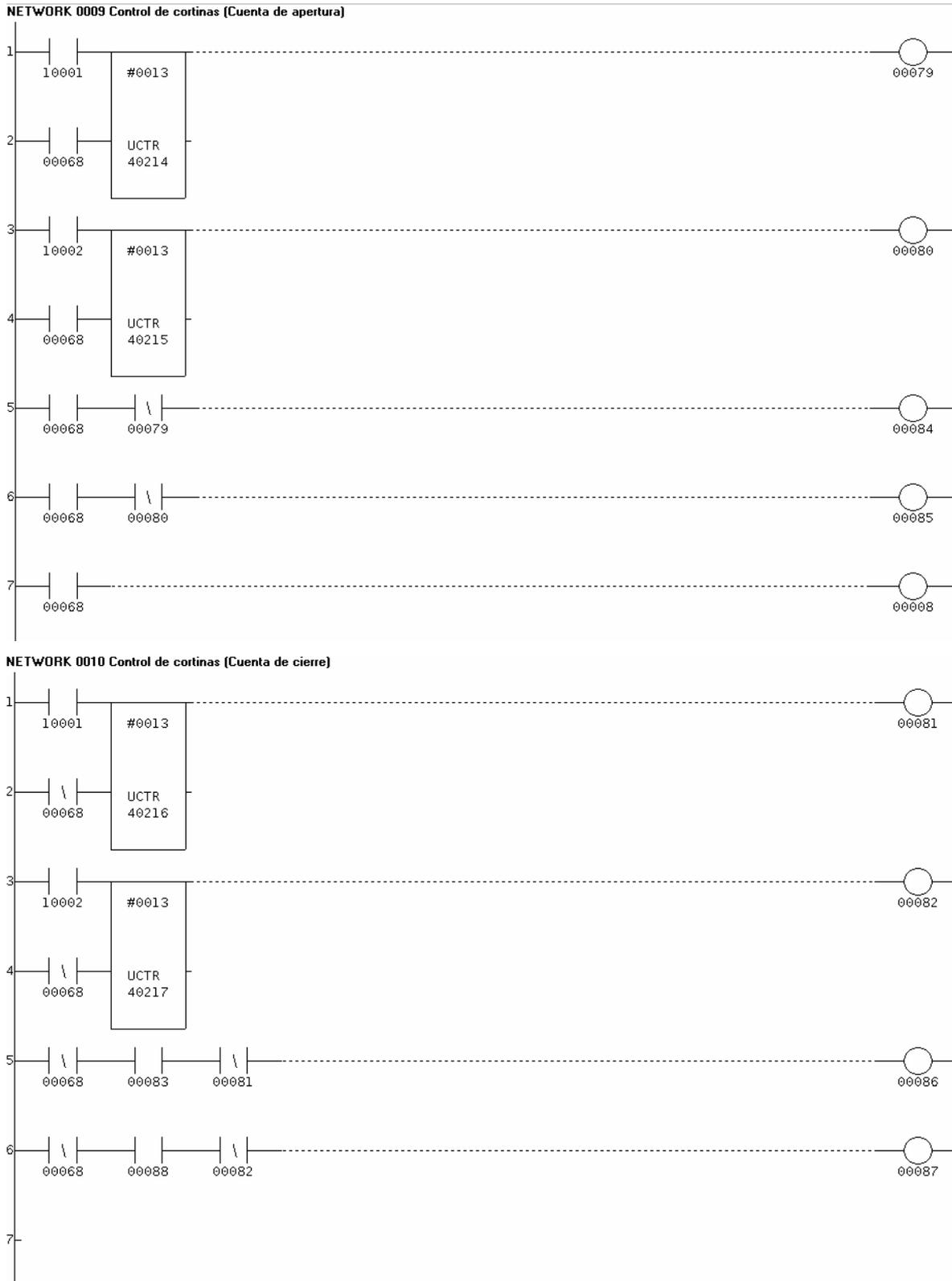


Figura. 6.10. Modo de Túnel (Cortinas)

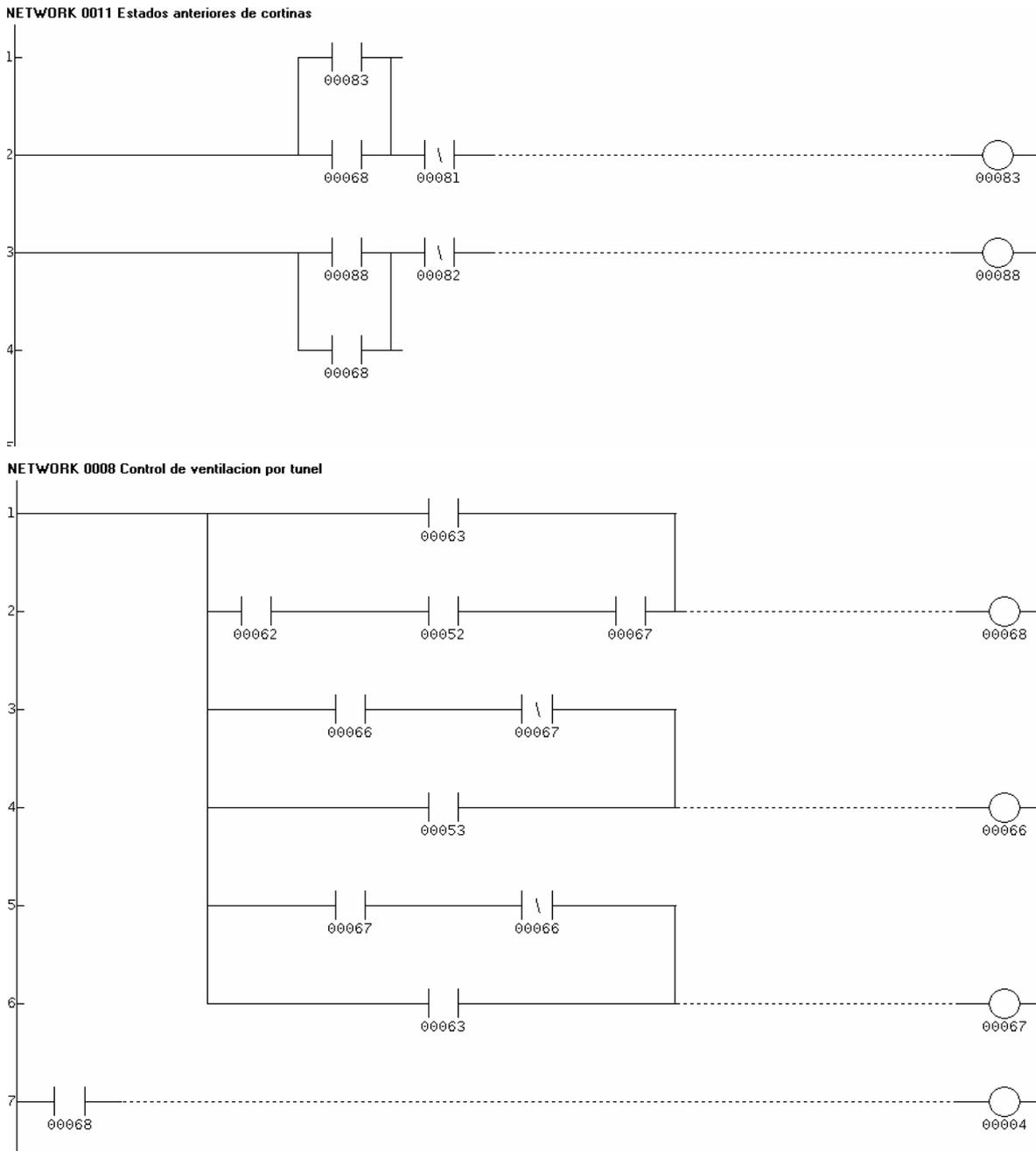


Figura. 6.10. Modo de Túnel (Cortinas) Continuación

Los registros asociados con el control de cortinas se muestran a continuación en la tabla 6.9.

Tabla. 6.9. Bobinas y registros asociados a modo Túnel (Cortinas)

Registro	Descripción
68	Bobina de comando de Tunel
40214	Registro Auxiliar para Cuenta de apertura sensor 1

Tabla. 6.9. Bobinas y registros asociados a modo Túnel (Cortinas) Continuación

Registro	Descripción
40215	Registro Auxiliar para Cuenta de apertura sensor 2
40216	Registro Auxiliar para Cuenta de cierre sensor 1
40217	Registro Auxiliar para Cuenta de cierre sensor 2
79	Auxiliar para el control de apertura de cortinas (Sensor 1 llega al final)
80	Auxiliar para el control de apertura de cortinas (Sensor 2 llega al final)
81	Auxiliar para el control de cierre de cortinas (Sensor 1 llega al final)
82	Auxiliar para el control de cierre de cortinas (Sensor 2 llega al final)
83	Auxiliar para el control de cortinas (Estado anterior cortina 1 abierta)
84	Auxiliar para el control de cortinas (Activación de M1 para apertura)
85	Auxiliar para el control de cortinas (Activación de M2 para apertura)
86	Auxiliar para el control de cortinas (Activación de M1 para cierre)
87	Auxiliar para el control de cortinas (Activación de M2 para cierre)
88	Auxiliar para el control de cortinas (Estado anterior cortina 2 abierta)
10001	Entrada sensor cortina 1
10002	Entrada sensor cortina 2

El modo de ventilación mínima utiliza los mismos extractores de modo de enfriamiento para reemplazar el aire al interior del galpón y proveer de ventilación mínima a los pollos. Esto se lo logra con temporizadores que cuentan el tiempo de ventilación mínima previamente guardado en las tablas de tiempos de encendido y apagado.

El control de ventilación se realiza como se muestra en la figura 6.11.



Figura. 6.11. Modo de Ventilación mínima

Los registros y bobinas asociados a los temporizadores de ventilación mínima se encuentran detallados en la tabla 6.10.

Tabla. 6.10. Bobinas y registros asociados a modo de ventilación mínima

Registro	Descripción
40428	Ton
40430	Toff
74	Auxiliar para ciclo Vminima
75	Bobina de V mínima
76	Auxiliar para ciclo Vminima

Las salidas de control del PLC se encuentran activadas como en la figura 6.12.

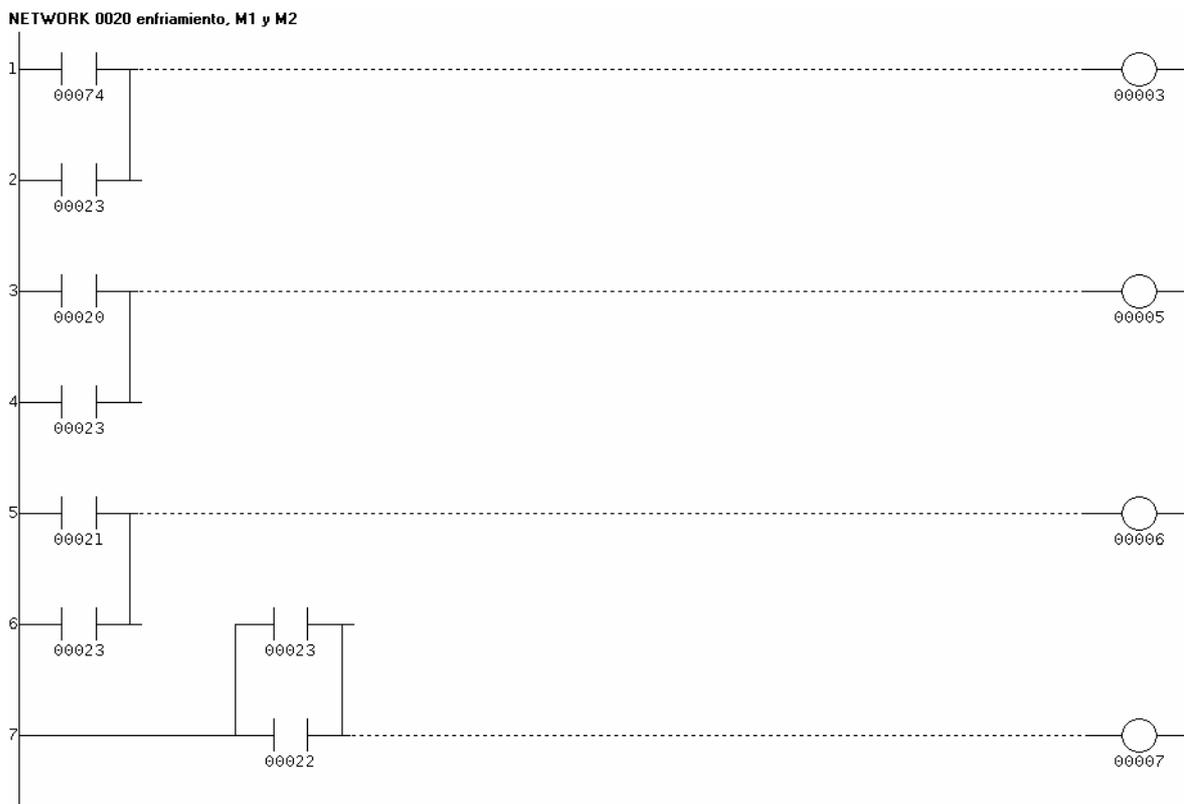


Figura. 6.12. Modo de Ventilación mínima

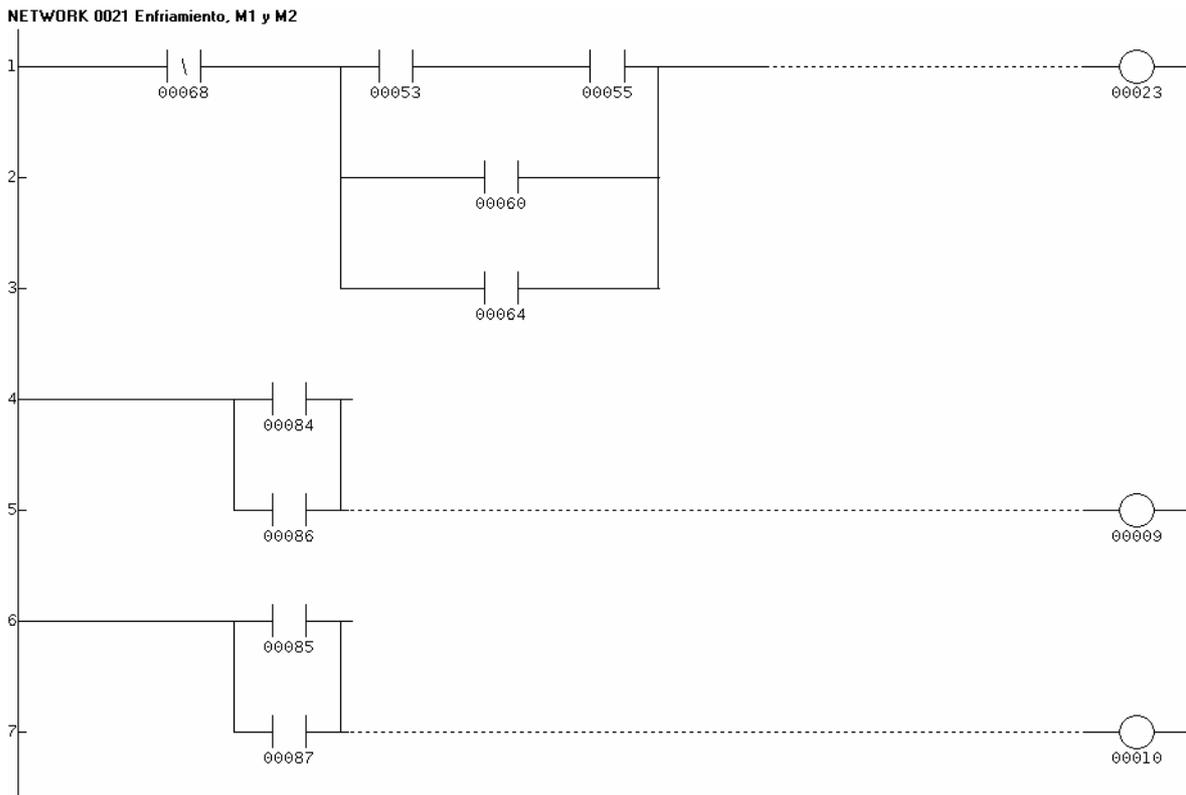


Figura. 6.12. Modo de Ventilación mínima (Continuación)

De esta manera se logra establecer cuál de los 4 modos de operación está activo. Todos estos modos se guían conforme el sistema de histéresis de control de temperatura expresado en el capítulo 3.

6.3.2 Motores de cortinas

6.3.2.1 Función

Los motores de las cortinas tienen como función principal ser el eje o actuador que ayuda a abrir o cerrar el ingreso de aire para el modo de túnel.

6.3.2.2 Funcionamiento

Los motores se encuentran acoplados a un sistema de poleas, estas poleas a una banda la misma que tiene un gancho patrón que lleva y trae la cortina la misma que se encuentra sostenida en un eje de cable galvanizado sujetado por ganchos de metal pulido.

En el Anexo 9 se puede observar las conexiones mecánicas del proceso de control de cortinas.

Los motores cambian de giro para abrir y cerrar las cortinas esto se logra con las señales de de giro, M1 y M2 del PLC y con la ayuda de la tarjeta de motores.

6.3.2.3 Hardware

El motor es una unidad DC que funciona a 3.3 VDC. El plano de conexiones se encuentra mostrado en el Anexo 10.

6.3.3 Sensores inductivos

6.3.3.1 Función

Los sensores inductivos tienen como objetivo dar la señal de retroalimentación o lazo cerrado para el control de las cortinas.

6.3.3.2 Funcionamiento

Los sensores funcionan al detectar las franjas de metal ubicadas en la polea más grande dando la señal al PLC para que se realice el conteo de los pulsos y así poder abrir o cerrar las cortinas.

En el Anexo 11 se puede observar la forma en la que están dispuestos mecánicamente los sensores.

6.3.3.3 Hardware

Los sensores son de marca inductivos funcionan a una distancia de 4 mm de la franja de metal, tienen una salida PNP. El diagrama de conexión de los sensores se muestra en el Anexo 12.

6.3.4 Extractores de ventilación mínima

6.3.4.1 Función

Los extractores de ventilación mínima son los encargados de varias funciones entre ellas están brindar enfriamiento, extraer humedad, circular aire caliente y proveer ciclos de ventilación mínima.

6.3.4.2 Hardware

Los extractores se encuentran conectados directamente al PLC como se muestra en el Anexo 13.

6.3.5 Extractores tipo túnel

6.3.5.1 Función

Los extractores de túnel tienen como única función el producir la extracción necesaria de aire para generar sensación térmica.

6.3.5.2 Hardware

Los extractores se encuentran conectados directamente al PLC en una topología paralela como se muestra en el Anexo 14.

6.3.6 Sensor de temperatura y humedad

6.3.6.1 Función

El sensor de temperatura y humedad es el elemento más importante dentro del sistema, este se encarga de tomar la temperatura y la humedad ambiental y transformarla en un protocolo de salida serial de 10 bits para temperatura y de 8 bits para humedad relativa.

6.3.6.2 Funcionamiento

El sensor se encuentra atado a una tarjeta de acondicionamiento de la señal. Esta tarjeta provee de voltaje de operación y de control de comandos y lecturas de valores al sensor.

6.3.6.3 Hardware

El sensor se encuentra conectado a la tarjeta de acondicionamiento de la manera mostrada en el Anexo 15.

En el Anexo 19 - datasheet 2 se encuentra la hoja de datos del sensor con sus aspectos más importantes.

6.3.7 Tarjeta de acondicionamiento de sensor de temperatura y humedad

6.3.7.1 Función

La tarjeta de acondicionamiento del sensor es la encargada de realizar la interfaz digital con el sensor, recibir la señal de control de temperatura o humedad del PLC y generar un voltaje analógico como entrada al PLC.

6.3.7.2 Funcionamiento

La tarjeta de interfaz o acondicionamiento del sensor cumple con varias funciones que se detallan a continuación:

- Recepción de señal de control del PLC y acondicionamiento al sensor.
- Control del sensor
- Lectura y acondicionamiento de señal de temperatura
- Lectura y acondicionamiento de señal Humedad

6.3.7.3 Hardware

La tarjeta fue realizada bajo el circuito mostrado en el Anexo 16. Los elementos constitutivos de la tarjeta son: un microcontrolador, resistencia de Pull-up para el sensor, capacitor y resistencia filtro para PWM, resistencias y LED's indicadores de energía y proceso.

6.3.7.4 Software

El elemento principal de la tarjeta de acondicionamiento es el microcontrolador PIC16F628A, este realiza algunas funciones principales, estas son:

- **Control del sensor**

Es necesario enviar comandos al sensor en una secuencia adecuada para que este realice una medición de temperatura o humedad. De manera general (si se desea de una manera más específica regirse al Anexo 19 - datasheet 2) el programa del sensor se muestra en el Anexo 17.

CAPÍTULO 7

PRUEBAS Y RESULTADOS

Una vez terminadas las aplicaciones, del controlador lógico programable (PLC) y de la interfaz humano máquina (HMI), se realizaron varias pruebas para verificar el correcto funcionamiento o corregir posibles errores que pudieron haberse cometido durante el desarrollo del modelo a escala del galpón “A-1” del IASA. Enseguida se describen las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

7.1. PRUEBA DE LOS QUEMADORES

7.1.1 Tolerancia de la maqueta al efecto de los quemadores

Se observó que los quemadores producen un exceso de calor que hace que el acrílico se deforme, por esta razón se tomaron dos acciones correctivas:

- Reforzar las uniones del acrílico con la madera con soportes metálicos
- Reducir la acción de los quemadores mediante una temporización, de tal manera que se enciendan por 60 segundos y se apaguen por 30 segundos logrando así mitigar los efectos sobre el acrílico sin aumentar de manera drástica el tiempo de calentamiento del galpón.

7.2. PRUEBA DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA.

7.2.1 Determinación de la exactitud del sensor.

A pesar que el sensor OEM de temperatura y humedad tiene certificación NIST, es necesario realizar una prueba al circuito completo de acople de la señal.

Se realizaron 10 pruebas de lectura de voltajes a la salida del circuito para diferentes valores de temperaturas.

Como patrón se tomó un termómetro con certificación NIST y las pruebas se realizaron en una cámara de calentamiento de una empresa del país.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla. 7.1. Verificación del sensor de temperatura y humedad relativa.

Temperatura (°C)	Voltaje Leído (V)	Voltaje Teórico (V)	Error Experimental
25	2	1,98	1,01%
26	2,05	2,02	1,49%
27	2,07	2,04	1,47%
28	2,09	2,08	0,48%
29	2,12	2,10	0,95%
30	2,16	2,14	0,93%
31	2,17	2,16	0,46%
32	2,18	2,20	-0,91%
33	2,22	2,24	-0,89%
34	2,26	2,25	0,44%
Promedio de errores			0,90%

Así se puede determinar que el sensor tiene un porcentaje de error de 0.90% respecto a la medida real de temperatura.

7.3. PRUEBA DE LA TARJETA DE INTERFAZ.

7.3.1 Prueba de continuidad

Luego de la fabricación de la tarjeta se realizó la prueba de continuidad en todos los nodos de la misma, esta prueba se realizó con un multímetro equipado con medidor de continuidad, la continuidad en la tarjeta resultó perfecta, no existen nodos aislados.

7.3.2 Prueba de corriente inducida

Se determinó que la señal del sensor de temperatura y humedad relativa se veía afectada al ingreso al PLC, se hicieron pruebas de asilamiento de la señal a lo largo de los nodos del circuito.

Se determinó que la señal del sensor se afectaba en los siguientes casos:

Tabla. 7.2. Prueba – Fallo de la señal del sensor de temperatura y humedad relativa.

Caso	Señal
Sensor armado y probado en el tablero de prototipos	Señal del sensor correcta
Sensor acoplado a la tarjeta de interfaz y cable de conexión	Señal del sensor con disminución de 1,2 V
Sensor acoplado a la tarjeta sin cable de conexión	Señal del sensor correcta
Sensor acoplado a la tarjeta de interfaz con cable de conexión separado	Señal del sensor correcta

Por lo tanto se solucionó el problema colocando un cable independiente para la señal del sensor.

7.4. PRUEBA DEL PROGRAMA DEL PLC.

7.4.1 Prueba del modo de Humedad

Se puso vapor de agua en el galpón y se obtuvo una humedad relativa del 80% con lo cual se activaron los extractores; sacando la humedad del galpón y dejándola en el 50%.

7.4.2 Prueba de modo de calentamiento

En el modo de calentamiento se observó un aumento en el tiempo del proceso debido a la frecuencia de cambio de lectura de temperatura y humedad, para eliminar este particular se reprogramó el PLC para que el modo de calentamiento se detenga únicamente si la humedad en el galpón está fuera de límites.

7.5. PRUEBA DE TEMPERATURA DEL PROCESO.

Para establecer el funcionamiento del sistema se realizó una prueba de control de temperatura en el galpón.

Se consideró los tres primeros días de crianza, escalando un día a 15 minutos.

El comportamiento del galpón en el primer día fue el siguiente:

Tabla. 7.3. Registro de temperaturas en el galpón.

Tiempo	Temperatura
23:21:10	33,84
23:21:15	33,91
23:21:20	33,93
23:21:25	33,96
23:21:30	33,99
23:21:35	33,96
23:21:40	33,90
23:21:45	33,79
23:21:50	33,65
23:21:55	33,44
23:22:00	33,20
23:22:05	32,95

Tabla. 7.3. Registro de temperaturas en el galpón (Continuación)

Tiempo	Temperatura
23:22:10	32,63
23:22:15	32,30
23:22:20	31,95
23:22:25	31,58
23:22:30	31,20
23:22:35	31,58
23:22:40	31,95
23:22:45	32,37
23:22:50	32,80
23:22:55	33,27
23:23:00	33,76
23:23:05	33,70
23:23:10	33,59
23:23:15	33,45
23:23:20	33,24

Se calcula la precisión del sistema por medio de la desviación estándar de las muestras de temperatura. Al determinar la desviación estándar se obtiene el promedio de desviaciones de las muestras respecto a la media, en el caso del sistema este promedio es la precisión:

$$\sigma = 0.862^{\circ} C = \text{precisión}$$

Se procede también a calcular la exactitud del sistema. Se define a la exactitud como la mayor diferencia entre la media y el valor medido.

El valor de la exactitud es:

$$E = 2.61^{\circ} C$$

Los requerimientos de temperatura del proceso son tales que la exactitud de 2.61°C y la precisión de 0.862°C son suficientes en el control.

En la figura 7.1 se encuentra representado el Set Point y la variable del proceso (Present Value o P.V.)

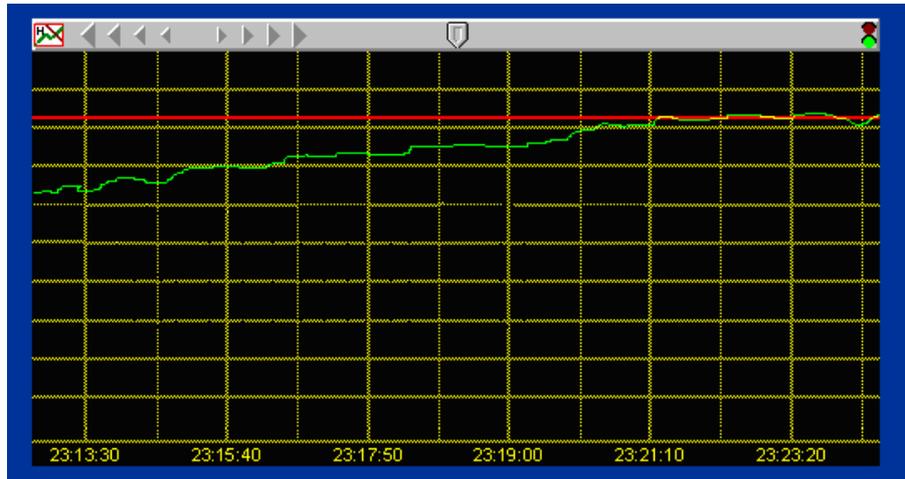


Figura. 7.1. Registro de temperaturas en el galpón.

7.6. PRUEBA DE HUMEDAD DEL PROCESO.

Para realizar la prueba de humedad del proceso se puso en el galpón un recipiente con agua en estado de ebullición, liberando el vapor, se tapo las entradas y salidas de aire hasta que el sensor marcó el valor de 70% de humedad relativa.

En tres pruebas realizadas de la misma manera se obtuvo el disparo de los extractores de humedad al 70% de humedad relativa confirmando la exactitud del sensor dentro del 1% de humedad relativa.

7.7. LA INTERFAZ GRÁFICA

7.7.1. Pruebas Realizadas

Para la realización de las pruebas de la aplicación del HMI, todos los tags de la aplicación se declararon como tipo memoria, para comprobar que las

animaciones de los extractores, calderos y cortinas funcionen de la manera esperada, además, se generaron las señales programadas en el PLC para activar los mensajes de alarma, de la pantalla emergente y de la lista ubicada en la pantalla “Alarmas” de la interfaz humano máquina.

Una vez probadas todas las animaciones, se procedió a verificar, pantalla por pantalla, que cada “botón” este correctamente asignada a la pantalla que debía desplegar, se comprobó que la información desplegada en los banners tenga los datos correctos.

Se procedió a activar cada una de las pantallas para observar si la velocidad de ejecución del sistema era adecuada, ya que el operador debe tener la información requerida en un tiempo prudente, que según los criterios de desarrollo será de 3 segundos máximo.

7.7.2. Correcciones Realizadas

Al probar las animaciones se realizaron algunos cambios pequeños en cuanto a intensidad de colores y tiempos de intermitencia en las pantallas emergentes de alarmas, en algunos casos.

De igual forma, cuando se probaron las alarmas se tuvo la necesidad de ajustar la ubicación de las pantallas emergentes, ya que sus mensajes tienen información concreta y precisa y deben ser visibles al operador.

Posteriormente se corrigieron algunas asignaciones equivocadas de los “Botones” que en algunos casos desplegaban pantallas diferentes a las deseadas.

Por otro lado, al probar la velocidad de ejecución del sistema, se encontró que al abrir una pantalla por primera vez tomaba un tiempo que podía considerarse dentro de lo tolerable, por lo que no se tomaron medidas alternas al caso.

CAPÍTULO 8

ESTUDIO COSTO BENEFICIO

8.1. DESCRIPCIÓN DE COSTOS

Dentro de toda la teoría de costos se utilizará únicamente la inversión necesaria para poner en marcha el proyecto como que se tratará de un proyecto “llave en mano”.

Ahora, al hablar de un costo también se tiene que hablar de un beneficio para justificar el proyecto, el beneficio se obtiene al incrementar el índice de conversión del ave.

El índice de de conversión se define como la relación entre la cantidad de comida consumida por una ave y el peso que el ave llega a tener al final del proceso.

$$IC = \frac{\text{Comida consumida}}{\text{Peso final del ave}}$$

Pero ¿cómo se relaciona la automatización en la climatización con el índice de conversión?, es sencillo, al regular la temperatura, humedad y ventilación del galpón se esta haciendo que las aves sinteticen su comida más fácilmente y aprovechen la misma aumentando su peso de manera más rápida y mejor.

Es así que se tiene que transformar el incremento de peso de las aves en un valor basado en el costo del kilo de carne de ave en el mercado local, con esto se puede obtener un tiempo de recuperación de inversión.

8.2. DETALLE DEL COSTO DE INVERSIÓN

Los costos asociados a la inversión del proyecto se ven detallados en el Anexo 18.

8.3. DETALLE DEL ÍNDICE DE CONVERSIÓN

De acuerdo a datos obtenidos en el IASA se pudo determinar los siguientes valores de peso y cantidad de comida consumida por ave, los cuales se detallan en la tabla 8.1.

Tabla. 8.1. Índice de conversión

Días	Peso	Alimento	Índice
1	38	8	0,21052632
2	53	16	0,30188679
3	68	27	0,39705882
4	83	41	0,4939759
5	97	58	0,59793814
6	113	77	0,68141593
7	130	98	0,75384615
8	150	122	0,81333333
9	170	148	0,87058824
10	188	177	0,94148936
11	207	208	1,00483092
12	229	242	1,05676856
13	250	280	1,12
14	268	322	1,20149254
15	297	368	1,23905724
16	330	419	1,26969697
17	358	742	2,0726257
18	389	527	1,35475578
19	420	525	1,25
20	447	647	1,44742729
21	478	712	1,48953975
22	523	780	1,49139579
23	568	851	1,49823944
24	613	925	1,50897227
25	660	1002	1,51818182
26	703	1082	1,53911807
27	750	1164	1,552
28	793	1243	1,56746532
29	840	1334	1,58809524
30	887	1422	1,60315671
31	934	1512	1,61884368

Tabla. 8.1. Índice de conversión (continuación)

Días	Peso	Alimento	Índice
32	981	1604	1,63506626
33	1028	1698	1,65175097
34	1075	1794	1,66883721
35	1125	1894	1,68355556
36	1185	1999	1,68691983
37	1242	2109	1,69806763
38	1301	2225	1,71022291
39	1362	2347	1,72320117
40	1424	2476	1,73876404
41	1490	2612	1,75302013
42	1550	2755	1,77741935
43	1630	2905	1,78220859
44	1720	3062	1,78023256
45	1800	3226	1,79222222
46	1895	3396	1,79208443
47	1985	3571	1,79899244
48	2075	3751	1,80771084
49	2170	3935	1,81336406
50	2240	4122	1,84017857
51	2300	4312	1,87478261
52	2380	4505	1,89285714
53	2435	4700	1,9301848
54	2500	4895	1,958
55	2580	5090	1,97286822
56	2600	5285	2,03269231
			1,62580146
			Índice promedio

De acuerdo a los datos bibliográficos se puede mejorar el índice de conversión hasta 1.8 pero se observa que en el IASA se tiene un índice mucho menor debido al excelente clima y condiciones óptimas para la crianza, por ende sería muy baja o casi nula la mejora con el sistema de ventilación lo que no sucede en zonas muy calientes (costa, oriente) o zonas muy frías (sierra norte).

Es por esta razón que el proyecto no resulta viable en el galpón "A-1", no así en galpones de zonas calientes donde el índice de conversión sin ventilación llega a valores promedio de 2.34.

En ese caso se podría obtener una mejora del índice llegando hasta 1.9. Obteniendo una mejora del índice de 0.44 que involucra un aumento de carne vendida de la siguiente manera:

$$2.34 = \frac{\text{Comida}}{\text{Peso1}}$$

$$1.9 = \frac{\text{Comida}}{\text{Peso2}}$$

$$2.34\text{Peso1} = 1.9\text{Peso2}$$

$$\text{Peso2} = 1.23\text{Peso1}$$

Es de esa manera que se aumenta el peso de cada ave en un 23%, suponiendo que en las características climáticas antes señaladas se instala un galpón similar al galpón “A-1” del IASA se obtendría un aumento de peso de ave de 598 gramos por ave llegando a un total de 902 Kg de carne en mejora.

Estudiando el mercado ecuatoriano el precio del Kilo de ave es de \$1.97, es decir, se lograría en un clima cálido una mejora o una ganancia de \$1776 dólares cada 56 días que dura el ciclo de producción de las aves.

Enfrentando este margen de ganancia con el costo de la inversión que es de \$ 16390, se lograría recuperar la inversión y empezar a obtener ganancia en 9.22 ciclos que son lo correspondiente a 516 días o un año y medio.

No cabe realizar una análisis financiero (VAN / TIR), del galpón A – 1 del IASA debido a que no se puede mejorar más el índice de conversión, es decir, no se puede superar los parámetros climáticos con el proyecto debido a condiciones muy favorables que se tienen, por la ventaja de la ubicación del galpón. A continuación se realiza el análisis financiero del proyecto, si se lo realizara en una zona cálida.

Tabla. 8.2. Flujo de caja del proyecto (Costa)

Año	Flujo
0	-\$16.390,00
1	\$11.575,71
2	\$11.575,71

El VAN se calcula por ende así:

Con una tasa activa del mercado de 17.53% en promedio para el Ecuador, se tiene un VAN de \$1564.94 es decir el equivalente de dinero obtenido luego de recuperar la inversión y el costo de financiación en el momento de ejecución del proyecto sería de \$1564.94 es decir, el proyecto es rentable.

La Tasa Interna de Retorno TIR sería de 12% a dos años y en el mercado la tasa a plazo fijo a mas de 360 días es de 6% por lo cual este proyecto sería totalmente viable.

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES

- El diseño del galpón “A-1” es un patrón para futuras implementaciones de sistemas automáticos en el IASA, la simulación de la automatización del galpón “A-1” se desarrolló resolviendo problemas prácticos y estableciendo una técnica original y comprensible.
- En la simulación se observó que se debe hacer énfasis en obtener la mayor hermeticidad posible, por posibles fugas de aire, por lo que es necesario realizar cambios o mejoras en la obra civil.
- El sistema de control automático se simuló de manera tal que puede ser utilizado en un sistema a escala real sin ningún problema.
- El diseño del sistema de supervisión y control remoto desarrollado permite obtener datos estadísticos de uso administrativo y supervisión del sistema de control automático.
- Con la simulación se han logrado resolver problemas mecánicos como la disposición de cortinas, extractores y quemadores calefactores.
- Se ha logrado establecer un registro de planos y programas que ayudarán a entender el proyecto y además servirán como fuente de conocimiento para un desarrollo o implementación en escala real en el futuro.

- La ubicación geográfica del galpón A-1 es muy favorable produciendo ventajas climáticas que hacen que sólo se necesite extracción de humedad mas no inyección.
- Debido a que nos propusimos desarrollar un diseño económico y abierto se eligió un sensor de temperatura y humedad de premanufactura, es decir, este sensor no cuenta con protecciones y certificaciones de protección contra características del medio ambiente.
- Cumpliendo la política de generalidad del galpón para los microclimas del país se decidió realizar un híbrido de ventilación por presión negativa y ventilación tipo túnel, técnicas más conocidas de ventilación en galpones de crianza avícola.
- El manipular los dos métodos de control más conocidos para la crianza avícola nos ayuda a tener una independencia mayor del medioambiente.
- Se concluyó que en la simulación es mejor utilizar los ciclos de encendido y apagado que se utilizarían en la realidad y no los que se obtendrían al escalar el flujo de aire ya que sería inútil y poco apegado a la realidad.
- Buscando la disminución de costos en el proyecto se concluyó en la utilización de un solo sensor junto a una rueda o polea codificada para el control de cortinas, reduciendo así la necesidad de varios fines de carrera para el control de posición.

9.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda sellar el piso y paredes del galpón con pintura epóxica para facilitar la limpieza, asepsia y hermetismo del sistema.

- Es recomendable realizar las cortinas que funcionan como compuertas de ventilación por túnel en un material que sea hermético y flexible de manera que con la presión generada se adhiera a las paredes. Podrían ser de vinil.
- En una futura implementación o etapa de ejecución del proyecto en el galpón real se recomienda seguir el método de control, supervisión y ejecución realizado en la simulación ya que ahí se resolvieron muchos de los problemas que también se presentarán en la realidad.
- Lo principal en un sistema de control es la instrumentación y sensado, no podemos controlar bien lo que no podemos medir correctamente, así que se recomienda comprar sensores precalibrados en la fábrica con certificado como por ejemplo certificado NIST.
- Al utilizar sensores de temperatura y humedad combinados y que tengan salida digital se ahorra mucho recurso económico debido a la premanufactura. Además, los sensores combinados de este tipo que existen en el mercado únicamente son usados para meteorología llegando a tener costes muy altos.

BIBLIOGRAFÍA

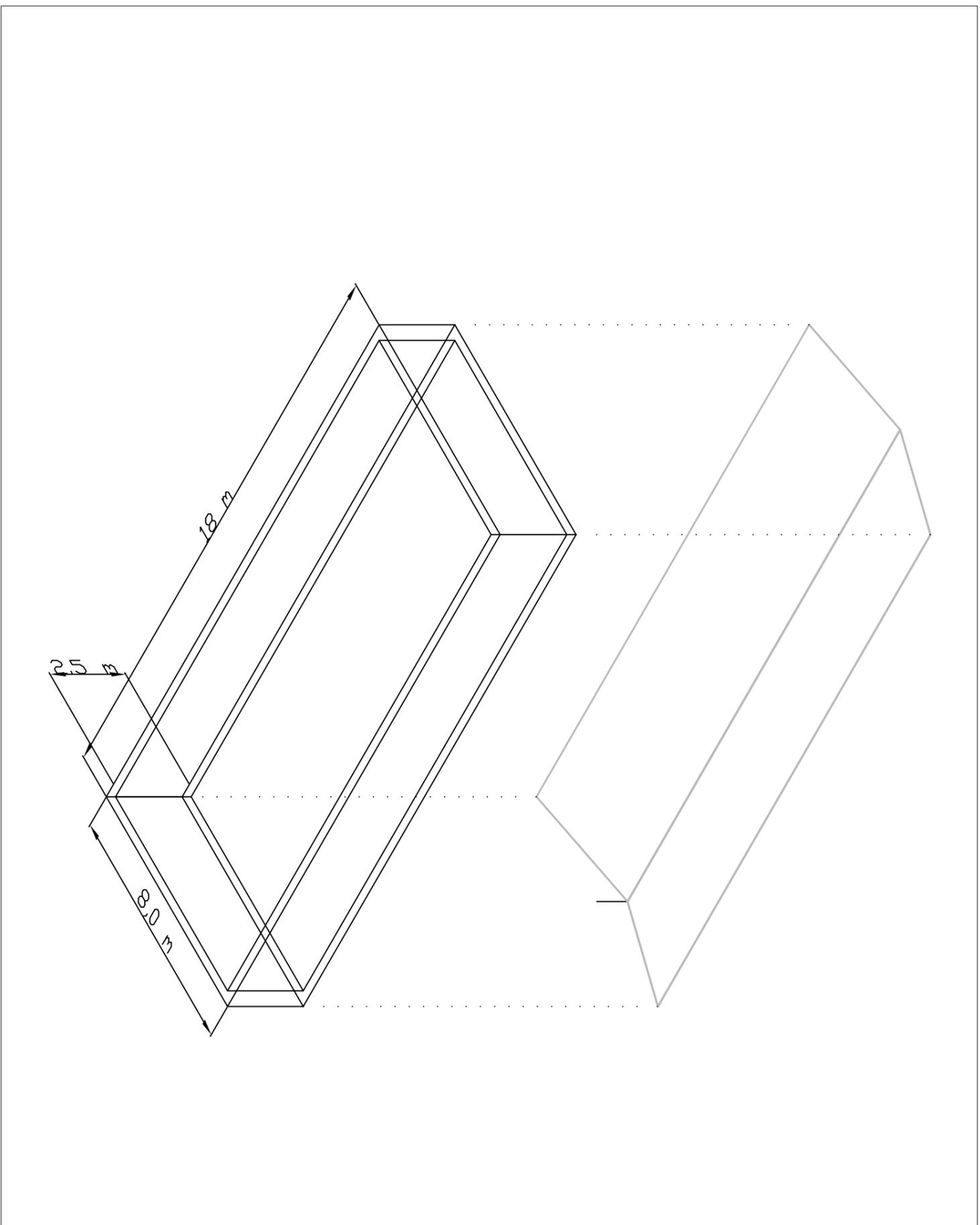
- VILLENNA FERNANDEZ, Eduardo, **TECNICO EN GANADERIA**, TOMO 1, EDICION 2002, CULTURAL S. A., pag. 133, 134.
- VILLENNA FERNANDEZ, Eduardo, **TECNICO EN GANADERIA**, TOMO 2, EDICION 2002, CULTURAL S. A., pag. 203, 204, 205, 206, 207.
- VILLENNA FERNANDEZ, Eduardo, **TECNICO EN GANADERIA**, TOMO 3, EDICION 2002, CULTURAL S. A., pag. 388, 389, 422, 423, 424, 425.
- AVICULTURA ECUATORIANA, No. 110, pag. 17, 18, 23.
- www.choretimepoultry.com, AVES DE CORRAL.
- <http://www.monografias.com/trabajos17/radio-enlace/radio-enlace.shtml#intro>, RADIO ENLACE.
- <http://www.intelcom.com.pe/index.htm>, RADIO ENLACE.
- <http://www.cavenco.com/principal.htm>, ALIMENTACION Y VENTILACION.
- <http://www.engormix.com>, SENSACIÓN TÉRMICA (WINDCHILL).
- <http://www.engormix.com>, CONSIDERACIONES CLIMÉTICAS PARA VENTILACIÓN MÍNIMA EN CLIMAS TROPICALES.

- <http://www.fostoriaindustries.com>, CALENTADORES A GAS.
- <http://www.aviagen.com>, MANUAL DE POLLOS DE ROSS.
- FEDETA, **MANUAL PRACTICO PARA LA CRIANZA DE POLLOS DE ENGORDE**, 2001.
- MANUAL PRÁCTICO PARA LA CRIANZA DE POLLOS DE ENGORDE, No. 1, FEDETA, Pag. 1 a 48.

ANEXO 1

DISPOSICIÓN DE LA PLANTA

No Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado
--------	------------------	-------	-------	----------

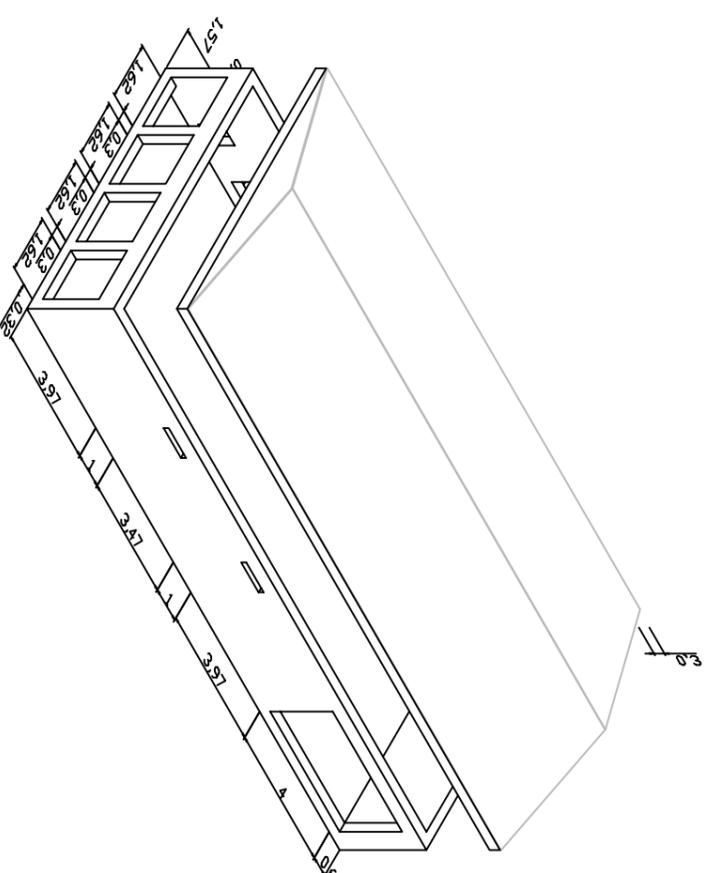
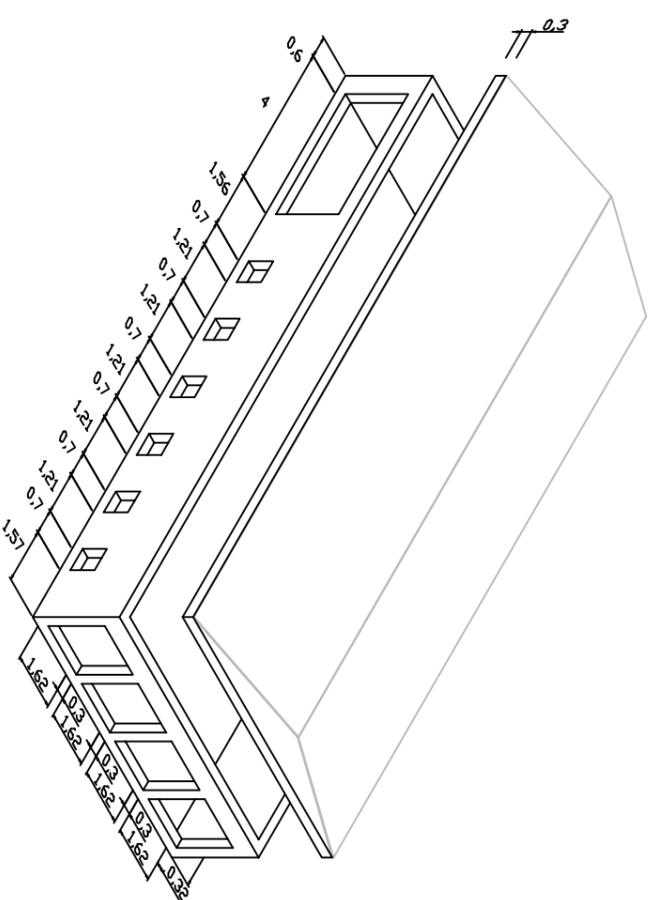


Galpón A-1 IASA

Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.			No de artículo/Referencia
Diseñado por GEDV		Revisado por Ing. Hugo Ortiz	Aprobado por - fecha Ing. Ortiz - 11/11/06	Nombre de arch eactual.dwg/11/06	Fecha 15/06
IASA					
Estado Actual					
				Edición 0	Lámina 1/1

ANEXO 2

PLANTA REMODELADA



Galpón Reacondicionado

IASA

Reacondicionamiento

Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.			No de artículo/Referencia
Diseñado por GEDV		Revisado por Ing. Hugo Ortiz	Aprobado por - fecha Ing. Ortiz - 11/11/06	Nombre de arch reac.dwg	Fecha 11/11/06

Edición	Lámina
0	1/1

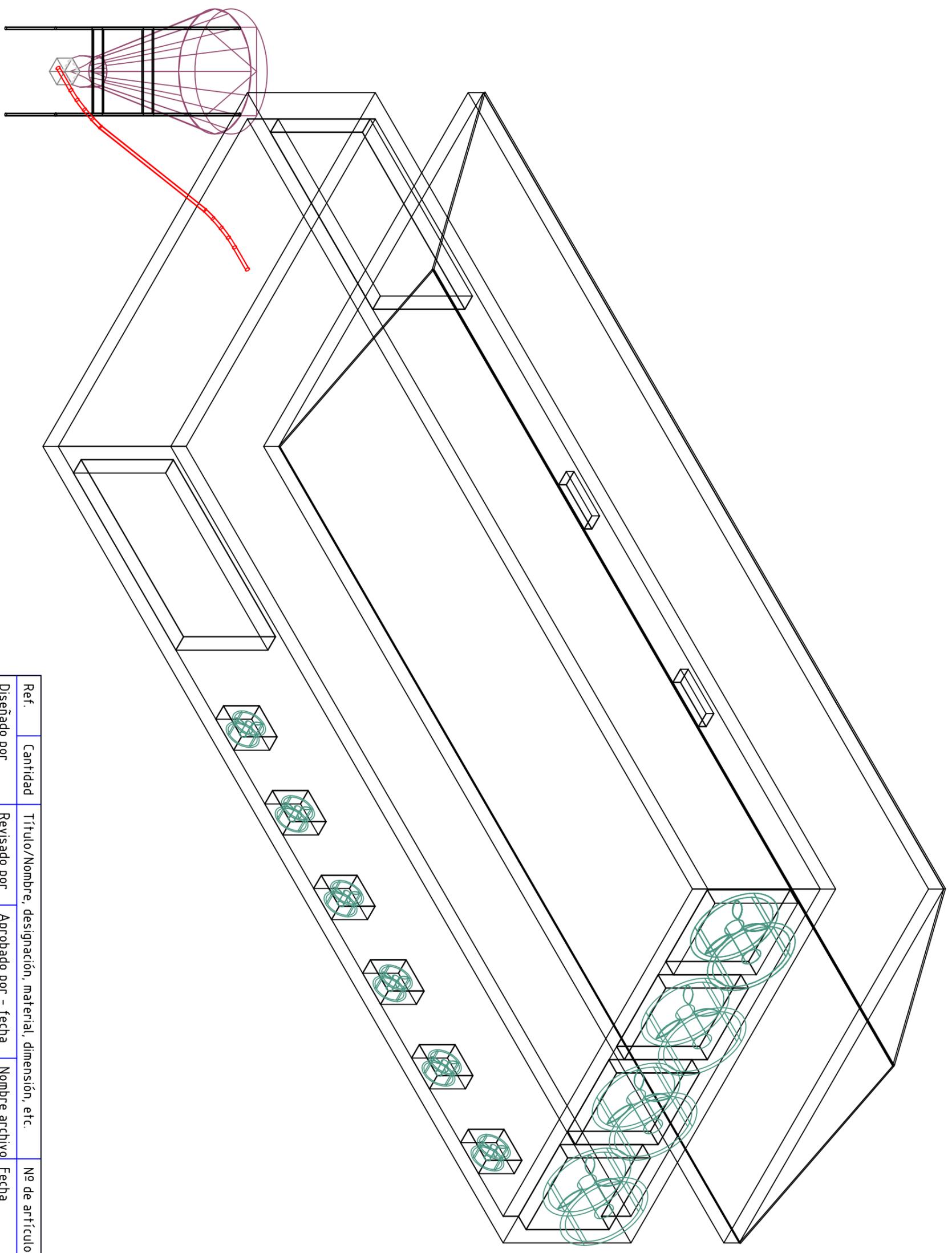
1

1:100

ANEXO 3

SILO DEL GALPÓN

No Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma	Revisado
--------	------------------	-------	-------	----------

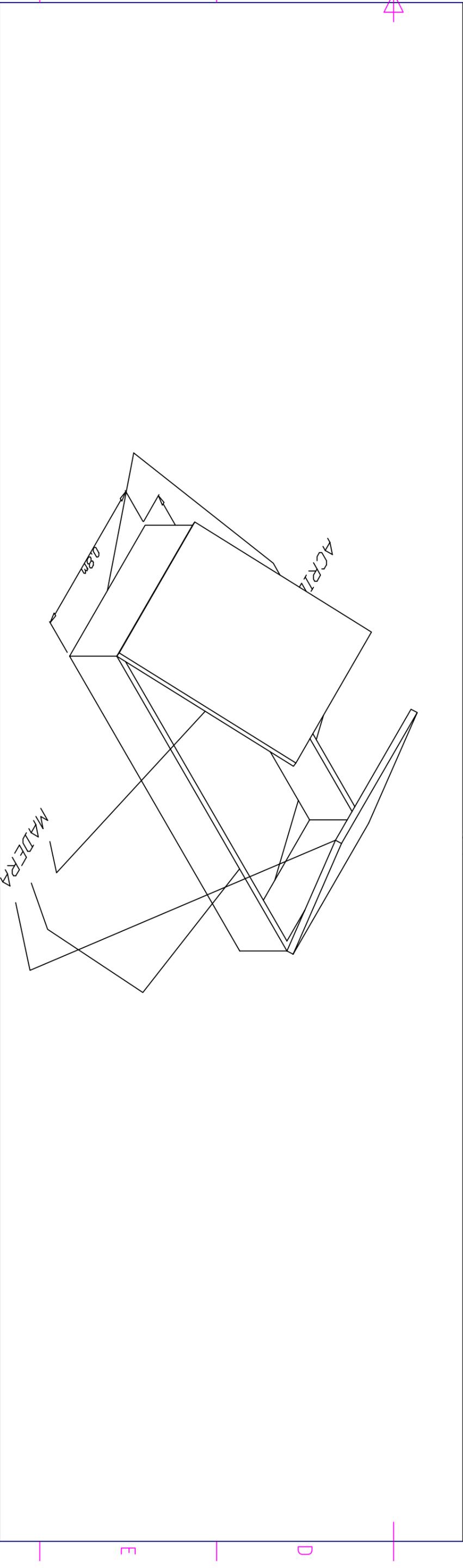
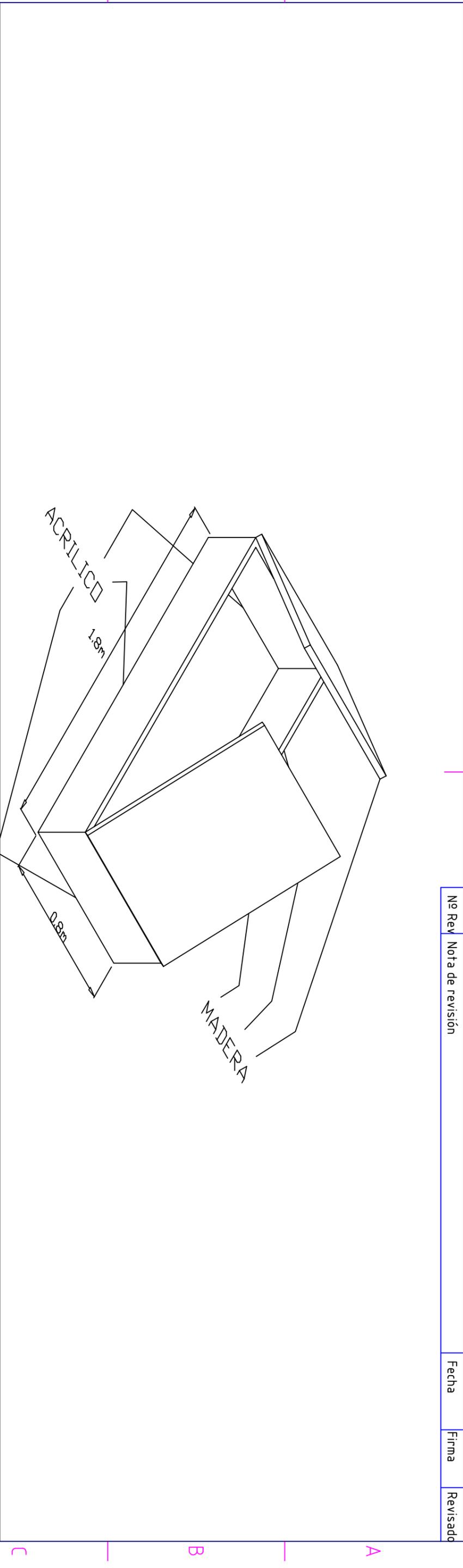


Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.			No de artículo/Referencia
Diseñado por GEDV		Revisado por Ing. Hugo Ortiz	Aprobado por - fecha Ing. Hugo Ortiz - 11/11/06	Nombre archivo Silo.dwg	Fecha 1:50

IASA		Silo del Galpón	
Edición 0		Lámina 1/1	

ANEXO 4

PLANTA A ESCALA

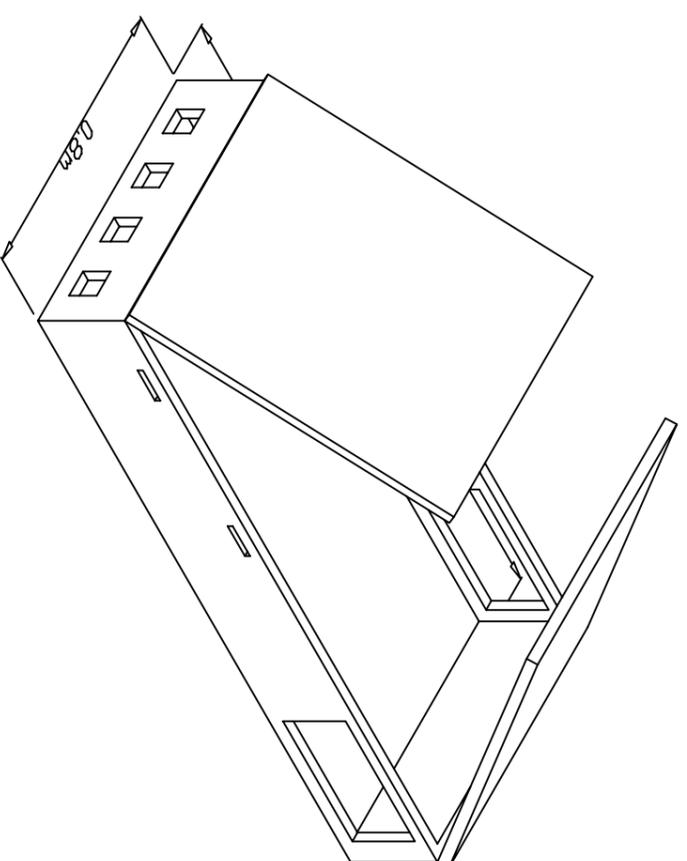
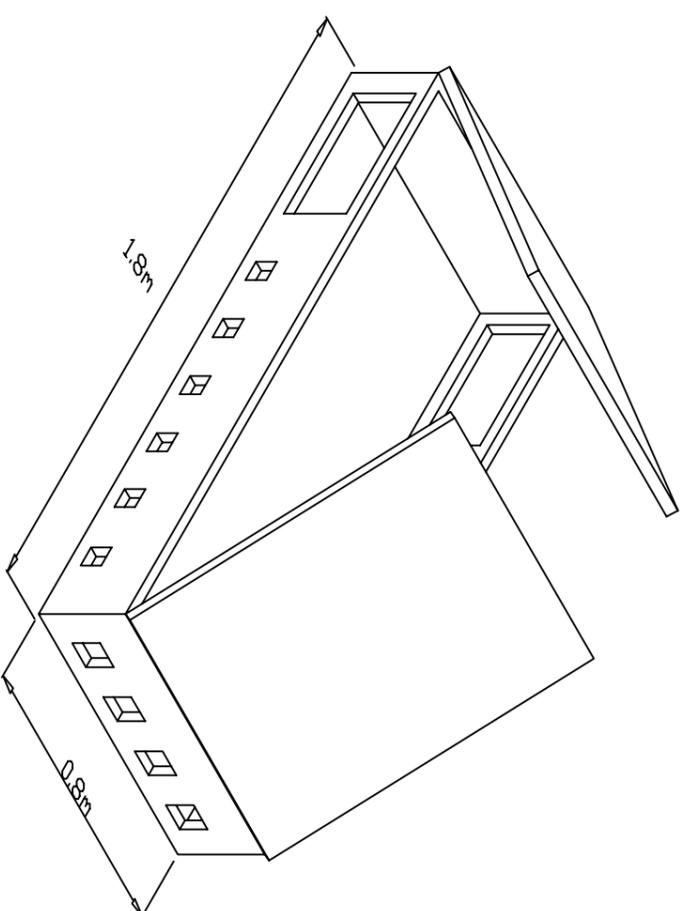


Galpón prototipo

Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.			No de artículo/Referencia	
Diseñado por GEDV		Revisado por Ing. Hugo Ortiz	Aprobado por - fecha Ing. Ortiz - 11/11/06	Nombre de arch a1.dwg	Fecha 11/11/06	Escala S/E
Prototipo						
IASA					Edición 0	Lámina 1/1

ANEXO 5

PLANTA REMODELADA A ESCALA



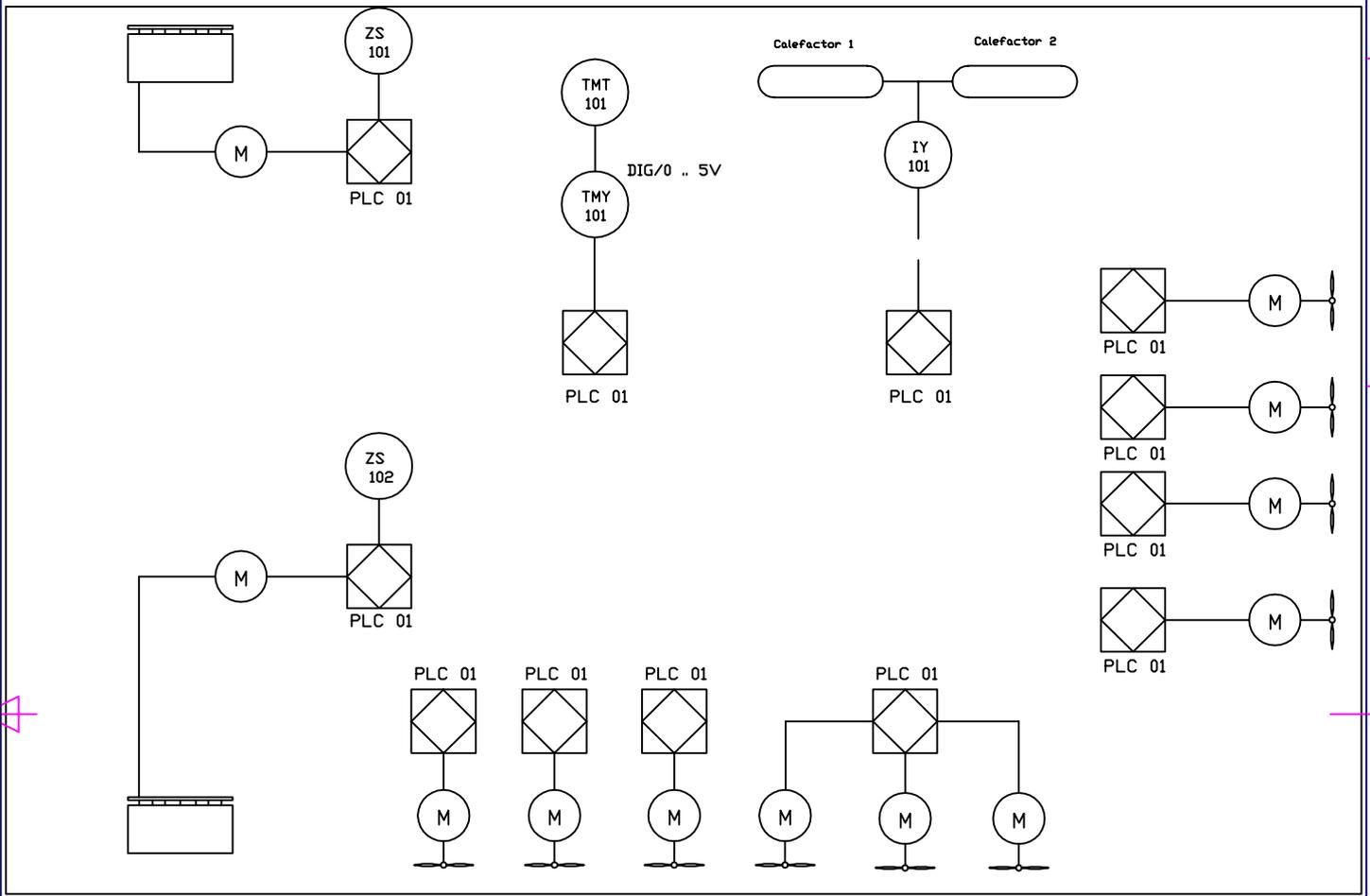
Galpón reacondicionado

Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.			No de artículo/Referencia
Diseñado por GEDV		Revisado por Ing. Hugo Ortiz	Aprobado por - fecha Ing. Ortiz - 11/11/06	Nombre de arch a1.dwg	Fecha 11/11/06
		Reacondicionado			Edición 0
		IASA			Lámina 1/1

ANEXO 6

DIAGRAMA P&ID

SIMULACION DEL SISTEMA



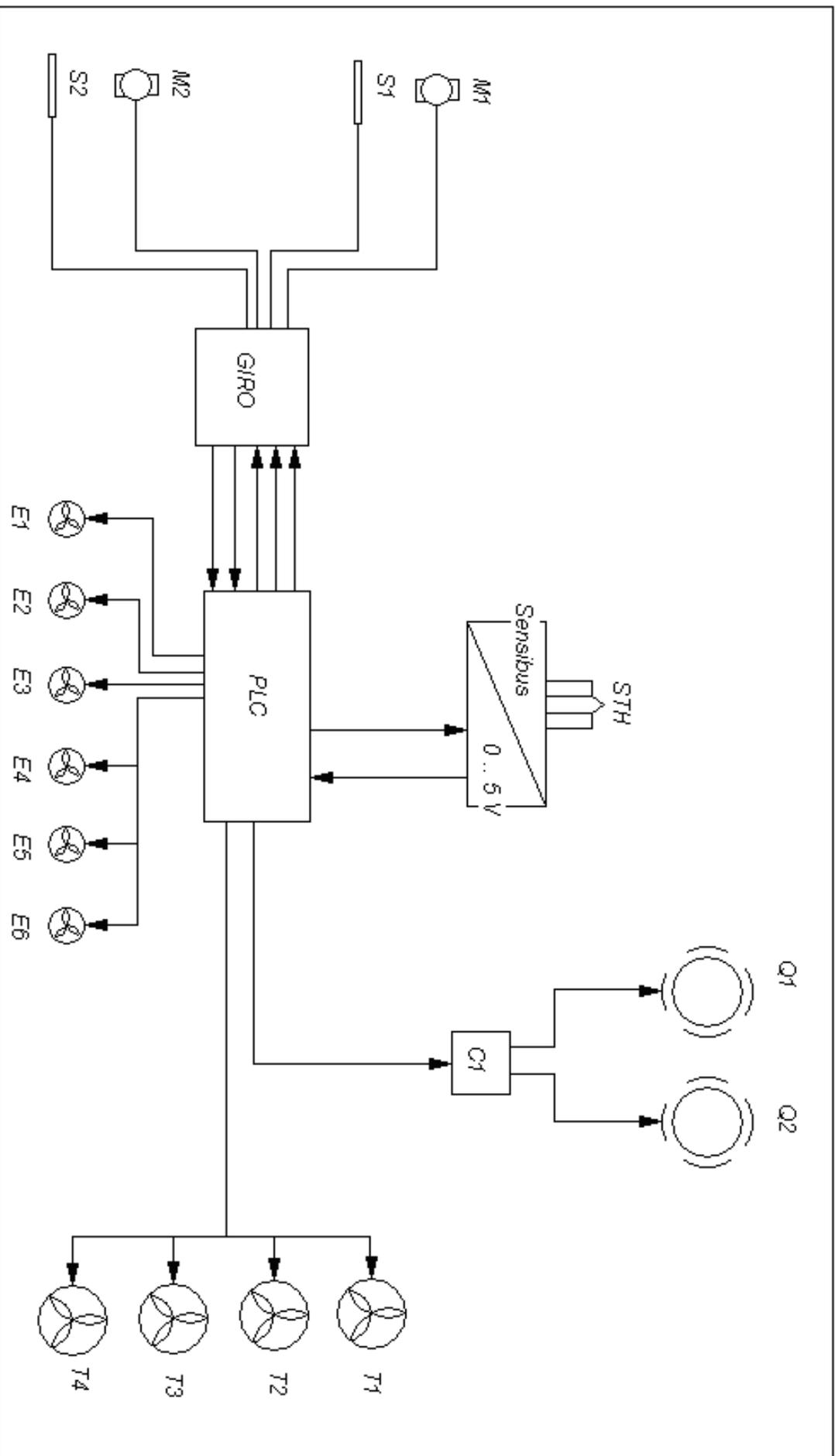
SIMBOLOGIA

	Extractor		Calefactor Eléctrico
	Cortina con riel		

Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.		Nº de artículo/Referencia	
Diseñado por GEDV	Revisado por Ing. Ortiz	Aprobado por - fecha Ing. Ortiz - 2006/12/14	Nombre de archivo a3.dwg	Fecha 2006/12/14	Escala S/E
IASA			P&ID		
			1	Edición 0	Lámina 1/1

ANEXO 7

DIAGRAMA DE BLOQUES

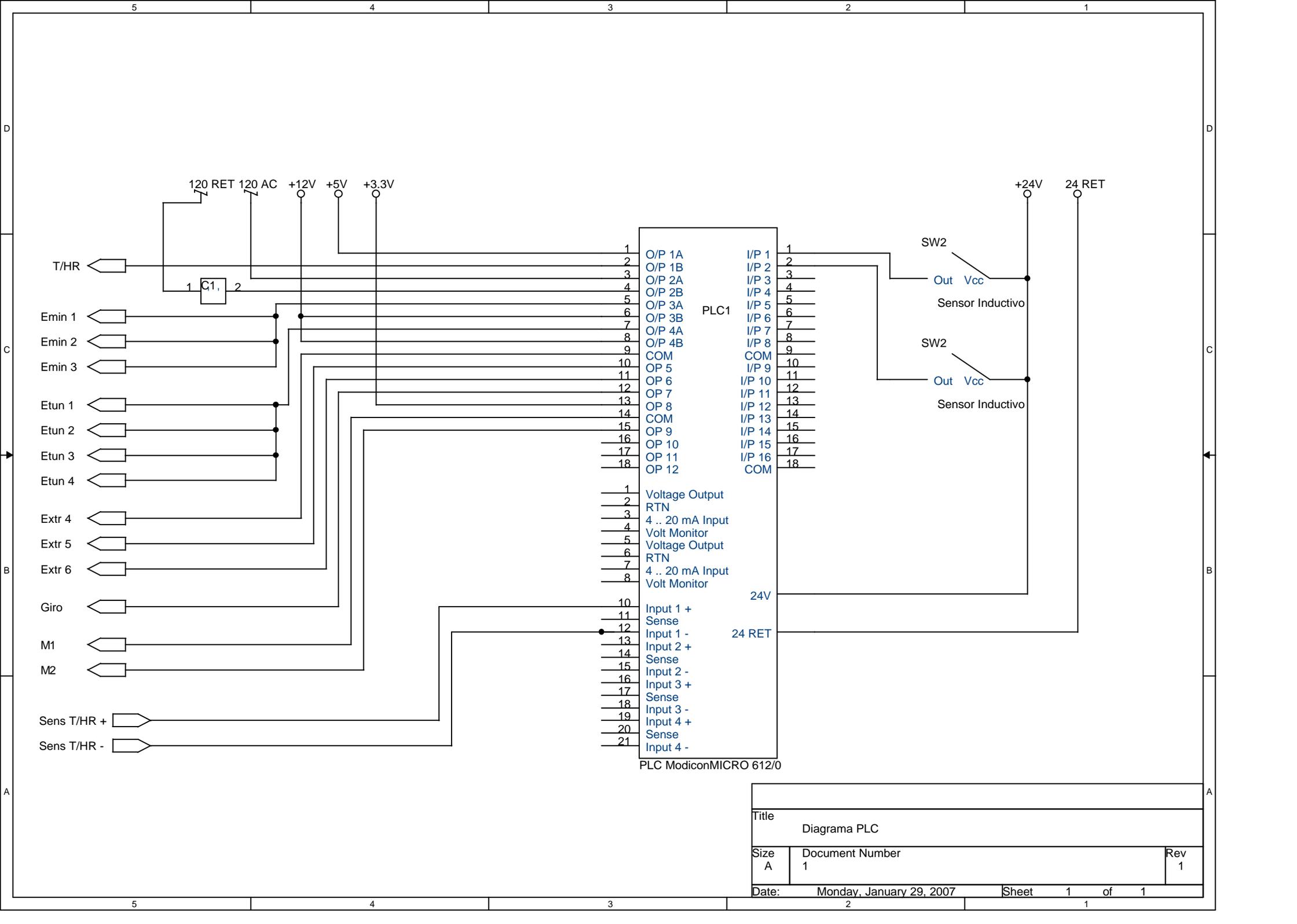


SIMBOLOGÍA

Q1	Quemador 1
Q2	Quemador 2
C1	Contacto 1
STH	Sensor T/HR
E1	Extractor 1
E2	Extractor 2
E3	Extractor 3
E4	Extractor 4
E5	Extractor 5
E6	Extractor 6
T1	Túnel 1
T2	Túnel 2
T3	Túnel 3
T4	Túnel 4
M1	Motor 1
M2	Motor 2
S1	Sensor 1
S2	Sensor 2

ANEXO 8

CONEXIONES DEL PLC

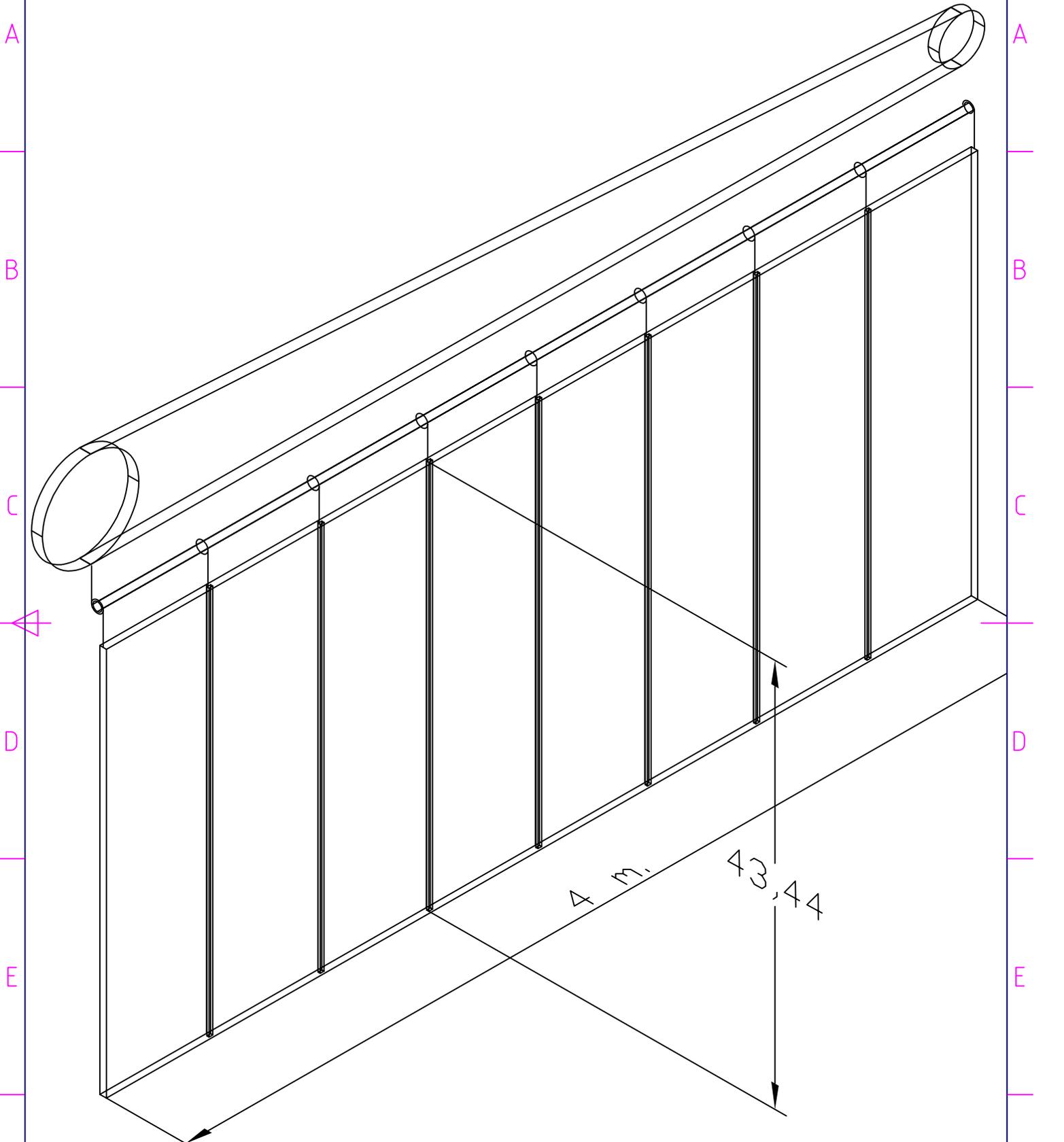


Title		
Diagrama PLC		
Size	Document Number	Rev
A	1	1
Date:	Monday, January 29, 2007	Sheet 1 of 1

ANEXO 9

CORTINAS DE TÚNEL

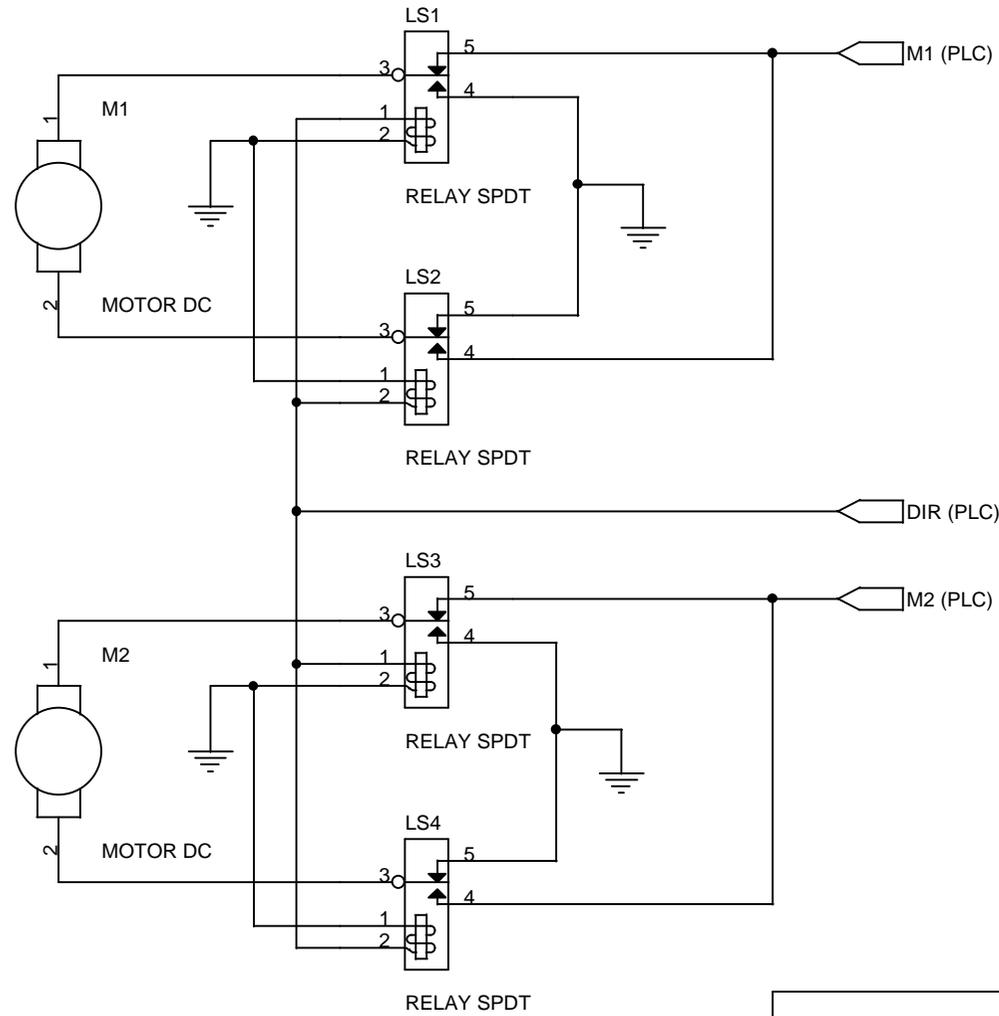
1	2	3	4
Nº Rev	Nota de revisión	Fecha	Firma
			Revisado



Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.			Nº de artículo/Referencia	
Diseñado por GE - DV	Revisado por Ing. Hugo Ortiz	Aprobado por - fecha Ing. Ortiz - 2006/12/10	Nombre de archivo cortinas.dwg	Fecha 2006/12/10	Escala S/E	
IASA			Disposición mecánica			
			1	Edición 1	Lámina 1/1	
1					4	

ANEXO 10

CONEXIONES ELÉCTRICAS DEL CONTROL DE CORTINAS

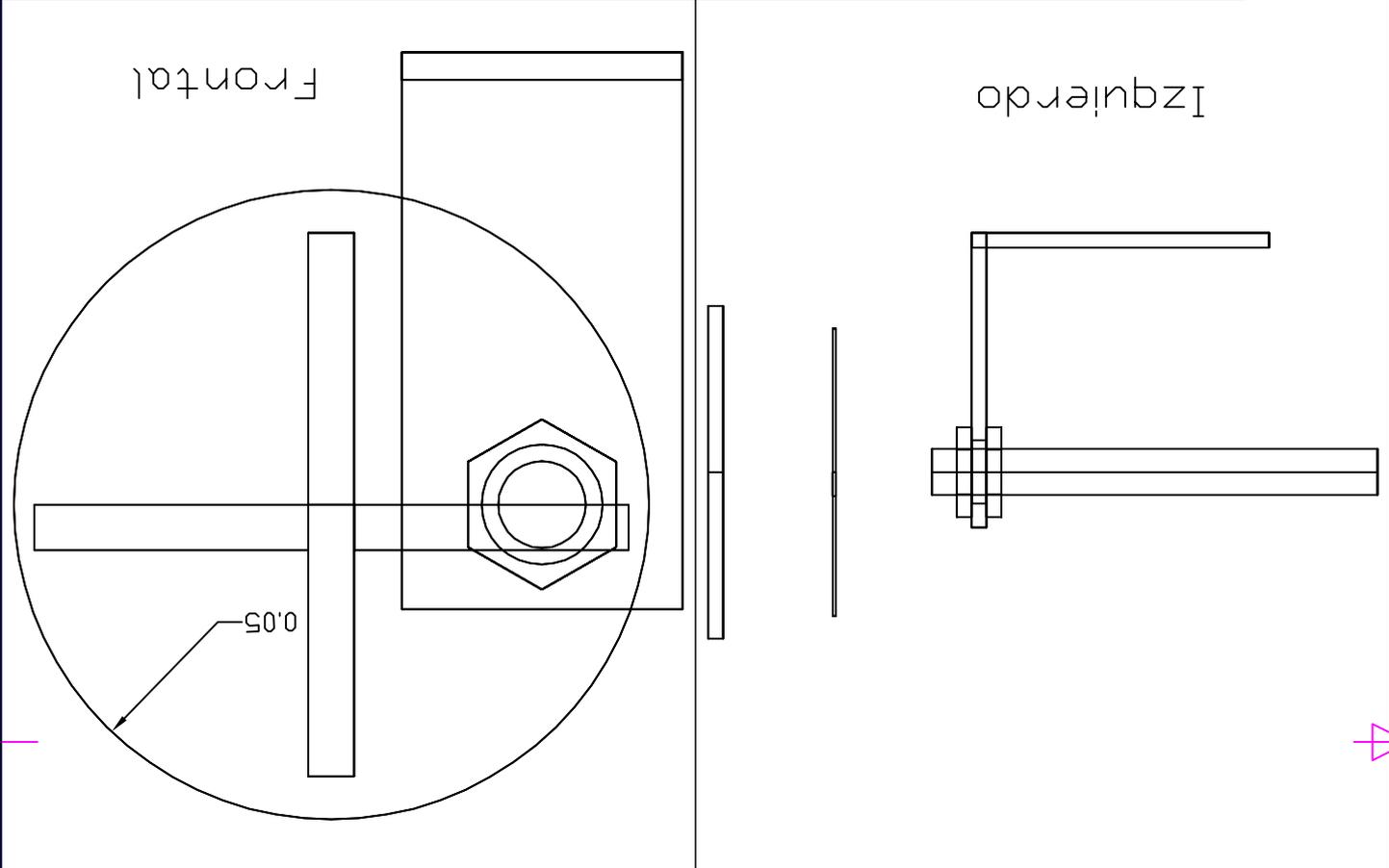


Title		
Conexiones del motor de cortinas		
Size	Document Number	Rev
A	Anexo 8	1
Date:	Sunday, December 10, 2006	Sheet 1 of 1

ANEXO 11

SENSORES INDUCTIVOS (CORTINAS)

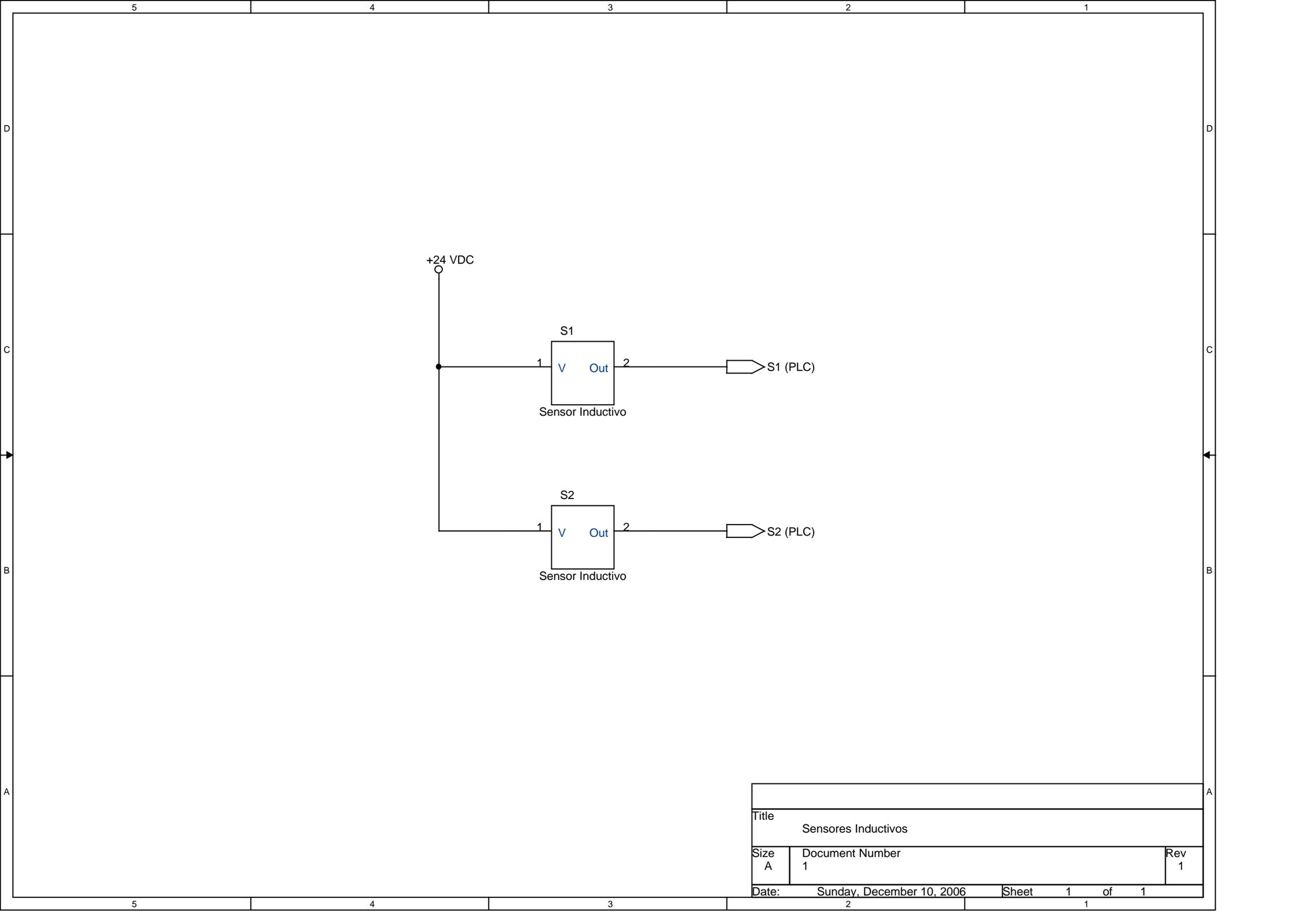
IASA		Edición 1		Lámina 1/1	
Mecánico sensor inductivo					
Revisado por Ing. Hugo Ortiz	Aprobado por - fecha Ing. Ortiz - 2006/12/10	Nombre de archivo sensor.dwg	2006/12/10	Escala S/E	
Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc.			
		No de artículo/Referencia			



No Rev		Nota de revisión		Fecha		Firma		Revisado	

ANEXO 12

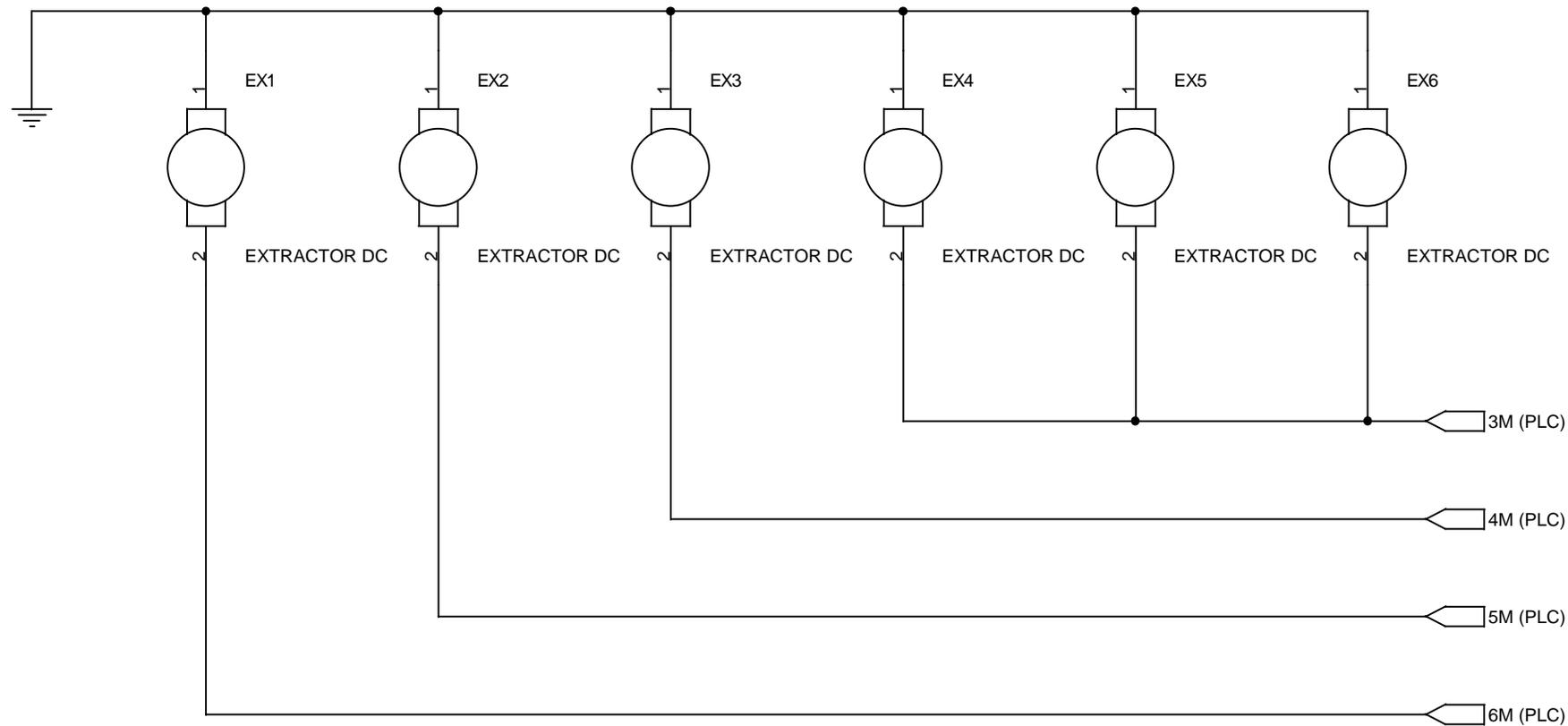
CONEXIONES ELÉCTRICAS DE SENSORES INDUCTIVOS (CORTINAS)



Title		
Sensores Inductivos		
Size	Document Number	Rev
A	1	1
Date:	Sunday, December 10, 2006	Sheet 1 of 1

ANEXO 13

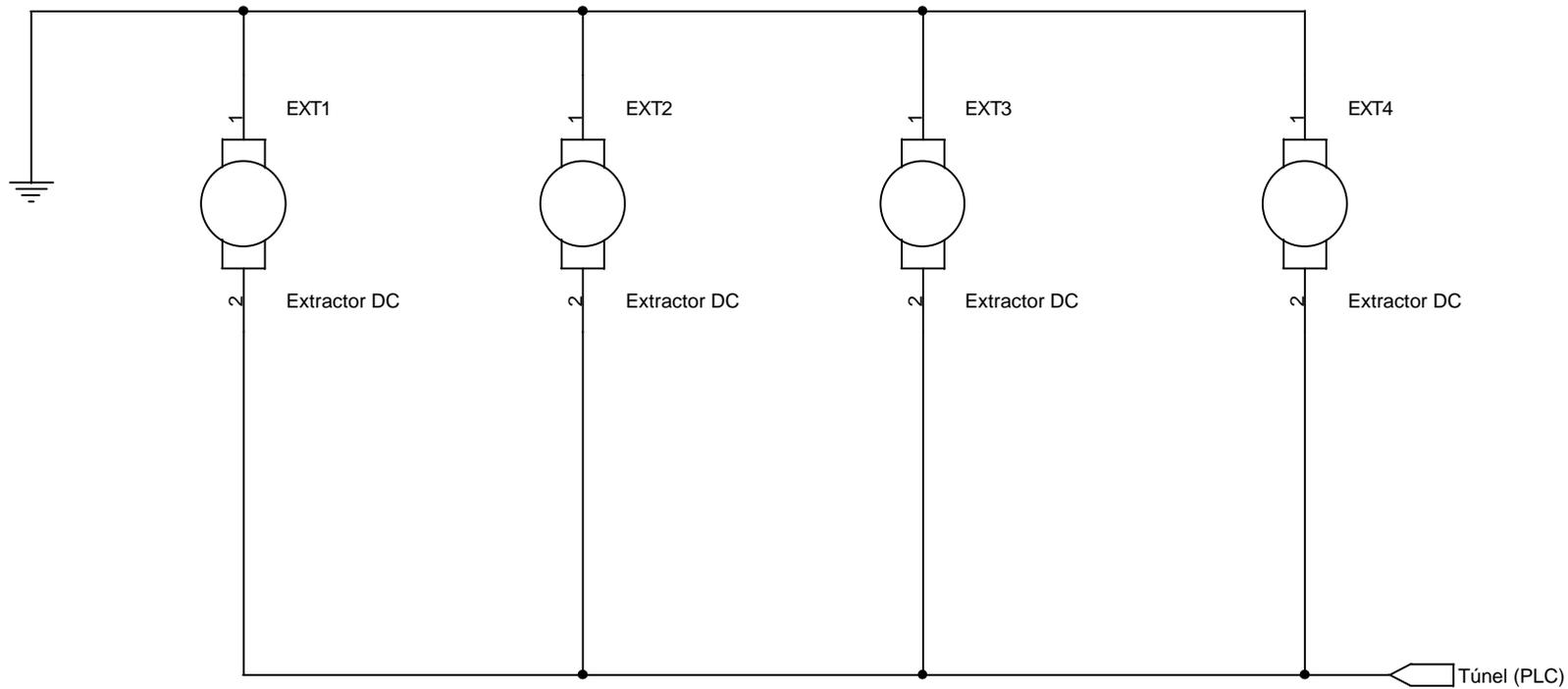
CONEXIONES ELÉCTRICAS DE EXTRACTORES DE PRESIÓN NEGATIVA



Title		
Conexiones Eléctricas Extractores Presión negativa		
Size	Document Number	Rev
A	1	1
Date:	Sunday, December 10, 2006	Sheet 1 of 1

ANEXO 14

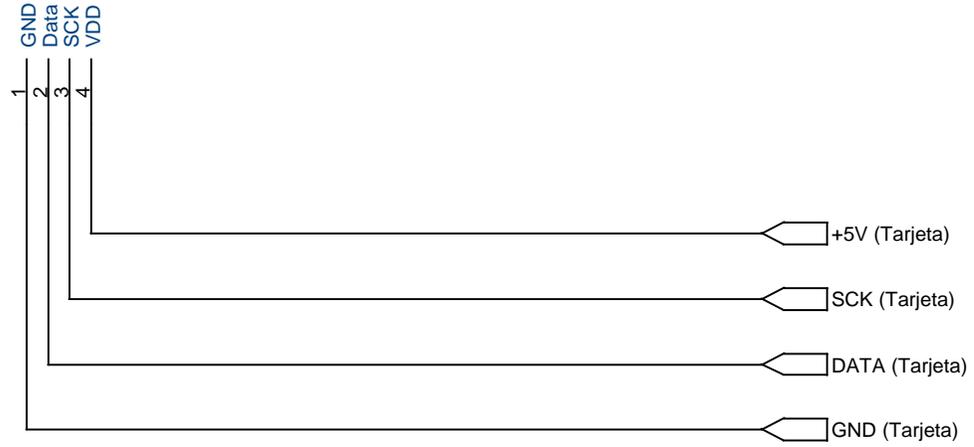
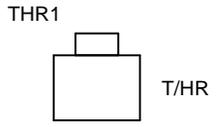
CONEXIONES ELÉCTRICAS DE EXTRACTORES TIPO TÚNEL



Title		
Extractores Túnel		
Size	Document Number	Rev
A	1	1
Date:	Sunday, December 10, 2006	Sheet 1 of 1

ANEXO 15

CONEXIONES ELÉCTRICAS DE SENSOR DE T/HR



Title		
Conexion sensor T/HR		
Size	Document Number	Rev
A	1	1
Date:	Monday, December 11, 2006	Sheet 1 of 1

ANEXO 16

CIRCUITO DE TARJETA DE INTERFAZ

ANEXO 17

PROGRAMA DE MICROCONTROLADOR DE INTERFAZ DE SENSOR DE T/HR

'mientras PLC mantiene activa la entrada RB6 se lee HR
'caso contrario se lee T°.

```
Symbol data = PORTB.4
Symbol sck = PORTB.0
TRISB = 0
Dim s_write_byte_value As Byte
Dim s_read_byte_value As Byte
Dim error As Bit
Dim lectura As Word
Dim lecaux As Word
Dim ack As Bit
Dim cmdo As Byte '3 temperatura 5 humedad
TRISB.6 = 1
Dim auxt As Word
Dim auxh As Word
```

```
PWMon 1, 3
Hseropen 38400
WaitMs 1000
Gosub s_write_statusreg
auxt = 0
auxh = 0
```

lazo:

```
While Not PORTB.6
cmdo = 3
Gosub enviar_comando
Wend
```

```
While PORTB.6
cmdo = 5
Gosub enviar_comando
Wend
```

```
Goto lazo
End
```

```
'=====
'=====RESET DE SENSIBUS=====
```

```

=====
'data: _____
'
'          |_____|
'
' _____
'sck: | |_| |_| |_| |_| |_| |_| |_| |_| |_| |_|
s_connectionreset:

```

```

TRISB.4 = 0
'unsigned char i;
Dim i As Byte
'data = 1;
High data
'sck = 0;
Low sck
'For(i = 0;i < 9;i + +)
'{ sck = 1; sck = 0; }
For i = 1 To 9
WaitMs 5
High sck
WaitMs 5
Low sck
Next i

```

```

Gosub s_transstart

```

```

Return
'Transmission Start
'=====

```

```

s_transstart:
TRISB.4 = 0

' _____
'data:  |_____|
'
' _____
'sck : |_| |_| |_____|

'data = 1;
High data
'sck = 0;

```

```

Low sck
'_nop_() ;
WaitMs 1
'sck = 1;
High sck
'_nop_() ;
WaitMs 1
'data = 0;
Low data
'_nop_() ;
WaitMs 1
'sck = 0;
Low sck
'_nop_();
WaitMs 1
'_nop_() ;
WaitMs 1
'_nop_() ;
WaitMs 1
'sck = 1;
High sck
'_nop_() ;
WaitMs 1
'data = 1;
High data
'_nop_() ;
WaitMs 1
'sck = 0;
Low sck
Return
's_write_byte
'===== =====

```

```

s_write_byte:
'unsigned char i, error = 0;
'For(i = 0x80;i > 0;i /= 2) // shift Bit For masking
'{ If(i & value) data = 1; // masking value with i, Write To sensi - bus
'Else data = 0;
Dim I As Byte
Dim j As Byte

```

Dim k As Byte

I = 0x80

For j = 1 To 8

k = s_write_byte_value And I

TRISB.4 = 0

If I = k Then

High data

Else

Low data

Endif

'sck = 1; // clk For sensi - bus

'_nop_() ;_nop_() ;_nop_() ; // pulswith approx.5 us

'sck = 0; }

WaitMs 1

High sck

WaitMs 1

Low sck

I = I / 2

Next j

'data = 1; // release data - line

TRISB.4 = 1

'sck = 1; // clk #9 For ack

High sck

WaitMs 1

'error = data; // check ack(data will be pulled down by sht11)

error = data

'sck = 0;

Low sck

Return

s_read_byte:

Dim q As Byte

Dim e As Byte

TRISB.4 = 1

WaitMs 1

e = 0x80

For q = 1 To 8

High sck

WaitMs 1

If data Then

s_read_byte_value = s_read_byte_value Or e

Else

Endif

Low sck

WaitMs 1

e = e / 2

Next q

TRISB.4 = 0

data = ack

WaitMs 1

High sck

WaitMs 5

Low sck

TRISB.4 = 1

Return

enviar_comando:

High PORTB.5

WaitMs 1000

Gosub s_connectionreset

error = True

s_write_byte_value = cmdo

Gosub s_write_byte

While error

```
WaitMs 300
Toggle PORTB.5
Wend
```

```
While data
Low PORTB.5
Wend
```

```
ack = False
s_read_byte_value = 0
Gosub s_read_byte
```

```
lectura.HB = s_read_byte_value
```

```
ack = True
s_read_byte_value = 0
Gosub s_read_byte
lectura.LB = s_read_byte_value
```

```
If cmdo = 3 Then
```

```
lecaux = lectura * 25 / 100
```

```
Hserout "Temp 12 bits: ", #lectura, CrLf
Hserout "Temp 10 bits: ", #lecaux, CrLf, CrLf
WaitMs 500
```

```
If auxx = lecaux Then
Else
PWMduty 1, lecaux
auxx = lecaux
Endif
```

```
Else
```

```
Hserout "HR 8 bits: ", #lectura, CrLf
```

```
WaitMs 500
If auxh = lectura Then
Else
```

```
PWMduty 1, lectura  
auxh = lectura  
Endif
```

```
Endif
```

```
Low PORTB.5
```

```
Return
```

```
s_write_statusreg:
```

```
Gosub s_transstart
```

```
Gosub s_connectionreset
```

```
error = True
```

```
s_write_byte_value = 0x06
```

```
Gosub s_write_byte
```

```
While error
```

```
WaitMs 300
```

```
Toggle PORTB.5
```

```
Wend
```

```
error = True
```

```
s_write_byte_value = 0x01
```

```
Gosub s_write_byte
```

```
While error
```

```
WaitMs 300
```

```
Toggle PORTB.5
```

```
Wend
```

```
Return
```

ANEXO 18

COSTOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO

Proceso	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Perforación cortinas	Perforación de 4 m. x 1,8m.	2	15	30
Perforación inyección de aires	Perforación de 1m. x 0,15m	2	15	30
Perforación de extractores	Perforación de 0,7m x 0,7m	6	15	90
Perforación de extractores	Perforación de 1,62m x 1,62m	4	15	60
Loza	Loza de 1m x 1m.	144	20	2880
Calentador	Calentador a gas	2	350	700
	Instalación	2	50	100
Extractores de presión negativa	Extractor de 20 "	6	500	3000
	Contactador 10A 120Vac	6	30	180
	Instalación	6	100	600
Extractores de túnel	Extractor de 54"	4	700	2800
	Contactador 40A 120Vac	4	50	200
	Instalación	4	100	400
Cortina	Cortina de vinil 4,5m x 2m	4	150	600
	Riel de 4,5m de largo	2	20	40
	Motor 3/4 HP a 120 Vac	2	75	150
	Instalación	1	80	80
Conexiones	Conexión eléctrica y cableado	1	250	250
PLC	Controlador Lógico Programable	1	200	200
	10 Salidas digitales			
	1 Entrada digital			
	1 Entrada analógica de 0 .. 10 Vdc			
	2 Entradas de conteo rápido			
	Protocolo MODBUS			
	Accesorios para la instalación			
Radiomodem	Modem de radio con transmisión serial hasta de 50 Km.	2	2000	4000

ANEXO 19

DATASHEETS

DATASHEET 1

Dataste PLC



Advanced High Performance Fixed I/O PLC System



110CPU Series

\$450

Basic Unit

- ✓ Large PLC Performance in a Micro Package
- ✓ High Speed Throughput
- ✓ Compatible Communications
- ✓ System Expansion Capabilities

With the simplicity of a self-contained system package and high performance fast throughput, the OMEGA® 110CPU Programmable Logic Controller (PLC) offers the intelligent solution for your small machine control needs. In fact, the 110CPU brings together the best features of fixed I/O micro and large modular PLCs.

All-in-One Package

Power supply, CPU, memory, I/O

and communications are contained in a single housing, measuring 10" long by 5" high, by an amazing 3" deep, that can be DIN rail or panel mounted. This enables you to door-mount pilot devices directly in front of the Micro in a standard 6" deep panel, reducing the space requirement and cost.

High Speed Throughput

High speed inputs, interrupt processing, and immediate updating of outputs can realize a throughput of less than 2 msec. One of these inputs can be configured as a 5 kHz high speed counter. Interrupts can be event-, time-, or count-based, giving you the power to solve high speed machinery applications never before possible.

Plug-and-Play Communications

On-board serial communication ports permit simple connectivity to computers, MMI, modems, printers, barcode readers and instrumentation. These ports can be addressed via either ASCII messaging or Modbus,

one of the most commonly used communication protocols available.

System Expansion

You can expand your system capacity by simply linking up to four 110CPU's configured as "children" to one "parent" over a single cable high speed I/O expansion link. In the parent-child configuration, you can choose to have all of the child's I/O and communications controlled by the parent or split the outputs and communication ports to allow coprocessing to tailor system performance. This flexibility will serve you well when the job grows bigger than originally expected.

Built-in Nonvolatile Memory

With the OMEGA® 110CPU, you won't have to worry about handling UV-EPROM and EEPROM chips or cartridges for nonvolatile storage of program memory. Programs stored in battery- or capacitor-backed RAM can now be backed up by safe and secure, built-in Flash- PROM, the latest in low maintenance, nonvolatile, memory storage technology.



Micro-controller shown with handheld programmer, model 520VPU19200, \$395.

U.S. AND CANADA

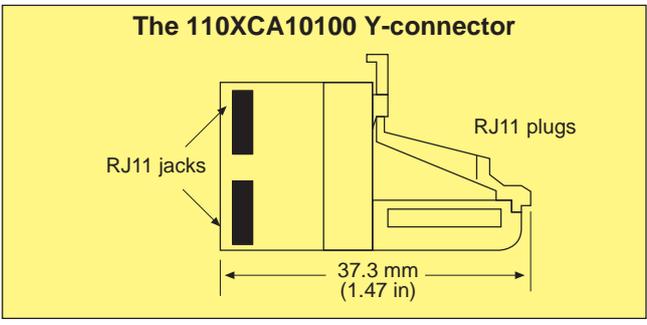
For sales and service, call:
1-800-82-66342SM
1-800-TC-OMEGA

For technical assistance, call:
1-800-327-4333SM
1-800-DAS-IEEE



Micro I/O Expansion Link

Up to five Micro controllers can be interconnected by the high speed I/O Expansion Link. The link contains one Micro configured as a "parent" PLC and one to four Micro units configured as "child" PLCs. The parent and last child on the link are terminated by an internal resistor, while the middle children are daisy-chained using a Y-connector. The link uses highly secure and noise resistant, standard foil-shielded, flat telephone cables with male RJ11 connectors on each end.

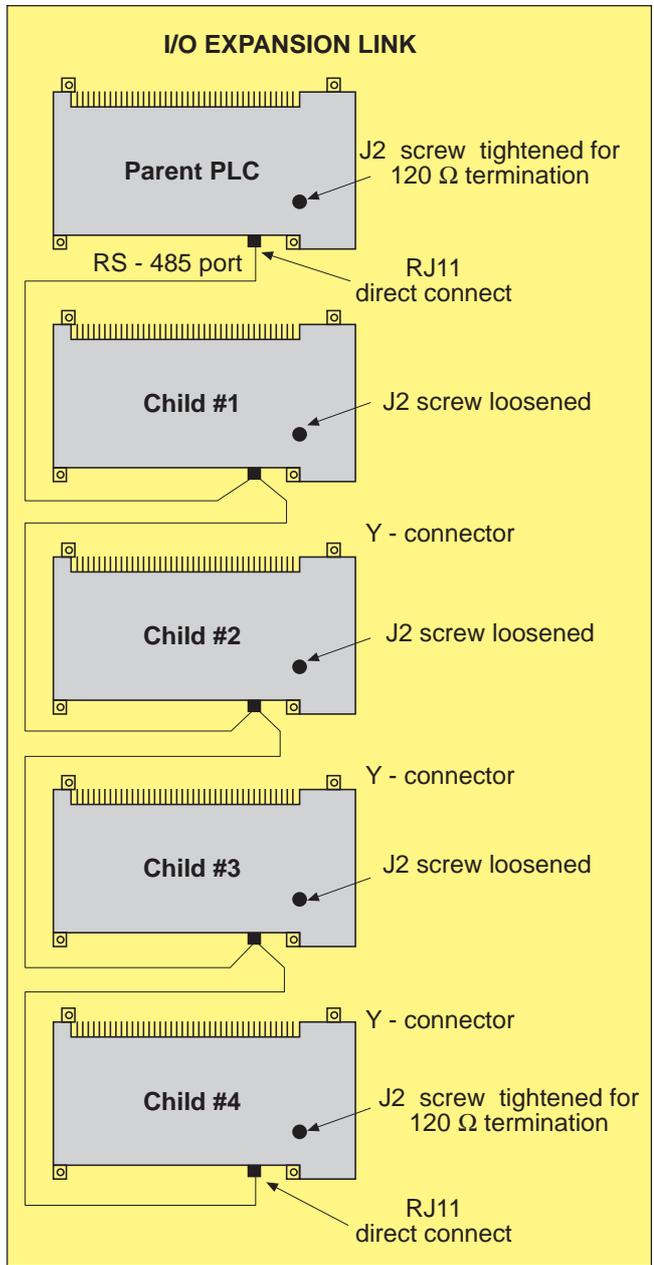


I/O Expansion Cables and Adapters

Model Number	Price	Description
110XCA10100	\$25	Y connector for for IO expansion
110XCA17101	25	I/O expansion cable, 61 m
110XCA17102	35	I/O expansion cable, 3 m
110XCA17103	50	I/O expansion cable, 6 m

I/O Expansion Link Characteristics

Number of PLCs	2 ... 5
Physical comm port	RS-485
Cable type	Six-position line long body
Connector type on cable	RJ11 male on both ends
Network data rate	125 kbyte (+)
Length of network	500 m max, 61 cm mini



Advanced High Performance Fixed I/O PLC System



HANDHELD PROGRAMMER (HHP)

Specifically designed as a low cost programming tool for the OMEGA® 110CPU, this handheld device receives its power directly from the PLC. The HHP can configure, program, and monitor your application; including all ladder elements, data registers, implementing the high speed I/O Expansion link and entering and troubleshooting any ASCII messaging.

Configuration Mode allows the user to select from default configurations for communication port parameters and I/O addressing. Or the user can customize the configuration by editing communication port parameters and I/O addressing options.

Password Mode secures access to the HHP. From this mode the Keyswitch and Passwords can be enabled and disabled. The Keyswitch, when enabled, requires a physical key for changing the HHP from program and monitor access to monitor only. When enabled, the Password will create three levels of access that allows monitoring only, monitoring with the ability to change data and force I/O, and total access to the functionality of the HHP.

Ladder Logic Mode provides single element ladder logic programming with a 4 x 11 node view of a ladder network mimic (full network size is 7H x 11W). This view indicates power flow and whether the node is occupied by a ladder element, vertical or horizontal short, or coil. This is accomplished by splitting the 4 x 20 segment LCD screen, providing the ladder logic mimic on the left while leaving a 4 x 9 segment work area which fully

displays the network number, the node number, and up to a three node high ladder element (i.e., math function block) at the same time.

There is a Data Mode for entering any register information. This mode can be reached from the initial menu or the user can toggle to the mode by pressing the DATA key from the ladder logic programming mode. This is particularly handy when programming timers, counters, math functions, etc., where it is most convenient to enter the parameters at the time of programming the function. If this is done, the HHP will remember the register number the cursor was on. By pressing the GET key, the user signals the HHP to display that register and its contents. At this point any new register information can be entered. When satisfied, the user can return to the ladder logic mode by again pressing the DATA key. Up to four registers at a time can be displayed in a number of different representations.

When using the HHP to program ASCII character strings in the Micro, the HHP can be switched to Simple ASCII Slave Mode which allows the user to see any ASCII string programmed as an ASCII message display. This unique capability makes programming and troubleshooting ASCII messaging easy.

In the Computer Transfer Mode, the HHP will be able to act as a program storage device for transfer of programs between a DOS compatible computer with Modsoft Lite programming software and a controller. Programs developed on Modsoft Lite can be downloaded into the HHP. The HHP can be carried out to a controller on the factory floor or at a remote site and the program then can be downloaded to the controller. This also works in the opposite direction. After entering a new program or editing an existing one, the HHP can upload the program into its internal memory for transportation back to the DOS work station where it can be uploaded to Modsoft for documentation and archiving.

MODSOFT LITE On-Line/Off-Line Software

Modsoft Lite is an integrated programming software environment that includes on-line/off-line programming and full annotated

documentation. This friendly interface will assist in programming the OMEGA® 110CPU controller, as well as complete tracking with a context-sensitive on-line help system, color graphics, optional mouse support, and an easy-to-use menu system. Highlights of Modsoft Lite include:

Hot Keys. Mouse or function key menu-driven, Modsoft Lite provides hot keys to reduce keystrokes.

Easy-to-Use Advanced Editing. The program's cut, copy, paste, and delete functions enable you to edit within a single program or between multiple programs. Users can create libraries for common ladder sequences.

Sophisticated Ladder Logic Editor. Modsoft Lite features a simple Ladder Logic editor that allows the user to create and edit Ladder Logic programs using traditional Ladder Logic symbols with reference numbers or user-defined symbol names.

Reference Data Editor. A Reference Data editor is available for displaying and modifying data either on-line in the controller or off-line in a file. Transfer of data from the PLC to a file and back is made easy with this useful feature.

Quick and Easy Configuration. Modsoft Lite features a quick and easy method for configuring a Micro controller. The configuration allows for selecting CPU model, setting communication port parameters, configuring a Micro I/O expansion link, and selecting loadable function blocks.

Multiple Programming Modes. The user has a choice of three programming modes; one off-line and two on-line modes, with or without performing concurrent editing of off-line files. Designed to run in a DOS environment, Modsoft Lite is compatible with IBM-compatible desktop and laptop computers.

Basic Instructions

Language: Ladder Logic/Function Block
Instructions: Relays-NO, NC, Transitional Timers-1.0, 0.1, 0.01 second; Counters-Up, Down
Arithmetic: 4-digit Add, Sub, Mult, Div; 4-digit BCD Values
Data Transfer: Register-to-Table; Table-to-Register; Table-Table; Block Move; First-In, First-Out Search, Status
Matrix: Logical AND, OR, Exclusive OR Compare and Complement
Bit Operations: Modify, Sense, Rotate

Program Optimization: Skip; Constant Sweep/Single Sweep; Subroutine; Counter, Timer, Interrupt

Communication: Simple ASCII

ENHANCED INSTRUCTIONS (512 AND 612 SERIES)

Arithmetic: Double Precision Math, Add, Sub, Mult, Div; Floating Point Math, Add, Sub, Mult, Div, Compare, Sq Root; Trigonometric, Sin, Cos, Tan, Deg-to-Rad, Rad-to-Deg; PID2

Data Transfer: Table-to-Block; Block-to-Table Communication; Checksum

ANALOG INPUTS (612 SERIES)

Channels: 4

Input Ranges: ±10 V, 0 to 10 V, 4 to 20 mA

Input Filter: Single-pole, low pass, -3 dB frequency of 10 Hz (±20%)

Input Resistance: 250 Ω (current input); >20 MΩ (voltage input)

Input Protection: 50 Vdc max differential; 30 Vdc max channel-to-channel; 25 mA max over-current

Common Mode Voltage: 25 Vdc channel-to-channel

Isolation: 1000 Vac RMS, 1 min max; analog inputs are isolated from analog outputs, input power, discrete I/O and communications ports

Resolution: 16-bit for ±10 V range; 15-bit for 0 to 10 V range; 13 to 14-bit for 4 to 20 mA range

Update: 55 msec/channel

Repeatability: ±3 counts

Accuracy: ±0.025% typ; ±0.1% max for voltage ranges; add ±0.1% ±25 ppm/°C for current

ANALOG OUTPUTS (612 SERIES)

Channels: 2

Isolation: 1000 Vac RMS (60 Hz), 1 min max; analog outputs are isolated from analog inputs, input power, discrete I/O and communications ports; 1000 Vdc, 1 min max

Current Output: 4 to 20 mA; 12 to 30 V loop supply voltage; (Vloop-7 V)/0.02 max loop resistance

Voltage Output: 0 to 10 V; 10 mA max;

Resolution: 12-bit

Linearity: ±0.05% max

Update: 10 msec/channel

Accuracy @ 25°C: 0.2% typ, 0.35% max for voltage output; add ±0.15% for current output

Memory

Battery Backup: Lithium battery for 1 year

Capacitor Backup: 72 hours typical

Non-Volatile (loads on power-up): Internal Flash RAM

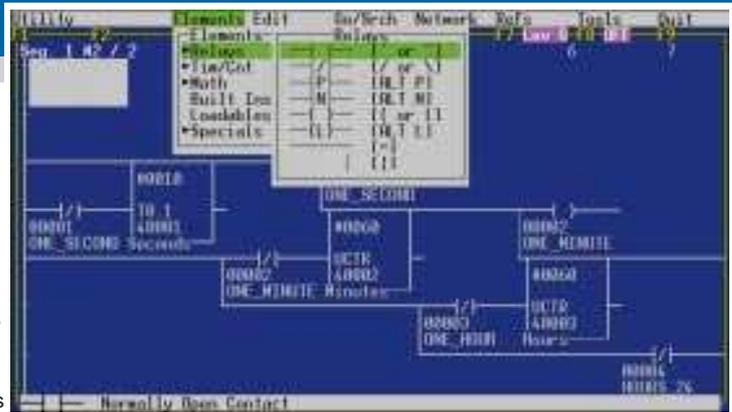
Time-of-Day Clock: ±8.0 sec/day 0-60°C (not on 110CPU31100)

Environmental

Operating Ambient: 0-60°C; 0-95% RH

Temperature, Storage: -40 to +85°C

Dimensions: 141.5 mm H x 254 mm W x 76 mm D (5.57" x 10" W x 3" D)



Power Requirements

AC Power: 115 Vac @ 0.4 A or 230 Vac @ 0.2 A Input: 24 Vdc @ 150 mA for dc Input

DC Power: 24 Vdc @ .8 A

Communications Modbus

Speed: 9,600 Bits per second

Mode: Master-Slave: RTU or ASCII

Nodes: 247 (Media dependent)

Media: Twisted pair or telephone

Modsoft Lite

Development Software

Includes: Two 5.25" system disks; one 3.5" system disk; Modsoft Lite User Manual

Editors: Configuration, Ladder Logic, Reference Data

Ladder Lister Features:

Selected Ladder; Diagram Symbol Table— Alphanumeric; Symbol Table— Alphanumeric; Coil Cross Reference

Unused References; Configuration/I/O Map Page Headers/Headers; Importable to Desktop Publisher

Required Hardware: IBM PC/XT, AT or compatible; DOS 3.0 or greater; 640 K RAM memory, hard disk with 1.5 Mbyte available

DISCRETE INPUTS

TYPE	115 Vac	230 Vac	24 Vdc	High Speed dc
On Level	79 to 132 Vac	164 to 253 Vac	15 to 30 Vdc	15 to 30 Vdc
Off Level	0 to 20 Vac	0 to 40 Vac	0 to 5 Vdc	0 to 5 Vdc
Input Impedance	12 kΩ @ 60 Hz	33 kΩ @ 50 Hz	3 kΩ with input on @ 24 Vdc 7.8 kΩ with input off	1.95 kΩ with input on @ 24 Vdc 1.58 kΩ with input off

ISOLATION				
Method	Opto-Coupler	Opto-Coupler	Opto-Coupler	Opto-Coupler
Channel-to-bus	1780 Vac; 2 kVdc	1780 Vac; 2.5 kVdc	1780 Vac; 2 kVdc	500 Vdc
Group-to group	1780 Vac; 2 kVdc	1780 Vac; 2.5 kVdc	1780 Vac; 2 kVdc	500 Vdc
RESPONSE TIME				
Off-> On	25 to 30 ms	25 to 30 ms	2 ms	10 to 20 μs
On->Off	25 to 30 ms	25 to 30 ms	2 ms	10 to 20 μs

DISCRETE OUTPUTS

TYPE	Triac	Relay	24 Vdc
Working Voltage Range	24 to 132 Vac for -01 models; 24 to 250 Vac for -02 models	24 to 30 Vdc, 24 to 250 Vac	24 to 30 Vdc
Maximum Voltage	500 Vac	30 Vdc 250 Vac	56 Vdc for 1.5 ms
Frequency	47 to 63 Hz	N/A	N/A
Maximum Load Current	0.5 A/channel to 60°C	2 A/channel	0.5 A/channel to 60°C; 2 A/group 6 A total
Minimum Load Current	50 mA	20 mA	10 mA
Surge Current	5A for 1 Cycle	20 A for 1 cycle	5 A for 0.5ms @ 6pulses/min
Maximum Switching Rate	20 Hz	5 Hz	4 Hz
Maximum Off State Leakage	1.5 mA	N/A	1 mA @ 30 Vdc

ISOLATION			
Method	Opto-coupler	Dry contact	Opto-coupler
Channel-to-bus	1780 Vac; 2500 Vdc	1780 Vac; 2500 Vdc	1780 Vac; 2500 Vdc
Group-to-group	1780 Vac; 2500 Vdc	1780 Vac; 2500 Vdc	500 Vac
RESPONSE TIME			
On -> Off	8 ms	10 ms	1 ms
Off ->On	8 ms	10 ms	1 ms

Advanced High Performance Fixed I/O PLC System



Model Number	Price	Power	Discrete Inputs (16)	Discrete Outputs (12)
CPU311 Series - Basic CPU				
110CPU31100	\$450	115/230 Vac (24 Vdc output for all dc inputs)	24 Vdc Sink or Source	Relay Inputs
110CPU31101	553	115/230 Vac	115 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU31102	553	115/230 Vac	230 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU31103	450	24 Vdc	24 Vdc Sink or Source	24 Vdc Source
CPU411 Series (CPU311 Series with Clock, 2-3 ms Throughput, 2 High Speed dc Inputs)				
110CPU41100	518	115/230 Vac (24 Vdc output for all dc inputs)	24 Vdc Sink or Source	Relay Inputs
110CPU41101	635	115/230 Vac (24 Vdc output for high speed dc inputs)	115 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU41102	625	115/230 Vac (24 Vdc output for high speed dc inputs)	230 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU41103	518	24 Vdc	24 Vdc Sink or Source	24 Vdc Source
CPU512 Series (CPU411 Series with Additional Memory, Ports, 1-1.5 ms Throughput)				
110CPU51200	827	24 Vdc	24 Vdc Sink or Source	Relay
110CPU51201	915	115/230 Vac (24 Vdc output for all dc inputs)	115 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU51202	915	115/230 Vac (24 Vdc output for all dc inputs)	230 Vac	8 Triac/4 Relay
110CPU51203	827	24 Vdc	24 Vdc Sink or Source	24 Vdc Source
CPU612 Series (CPU512 Series with 4 Analog Inputs, 2 Analog Outputs)				
110CPU61200	\$1105	24 Vdc	24 Vdc Sink or Source	Relay
110CPU61203	1105	24 Vdc	24 Vdc	24 Vdc

CPU Features CPU311 Series

- ✓ 1K Words User Logic
- ✓ 400 Words Data
- ✓ 16 Discrete Inputs
- ✓ 12 Discrete Outputs
- ✓ 4.25 to 5 ms per Logic Scan
- ✓ Modbus/ASCII Port
- ✓ High Speed I/O Expansion Port
- ✓ Basic Instruction Set

CPU411 Series

All Features of **CPU311** Plus:

- ✓ Time-of-Day Clock
- ✓ 2 to 3 ms Throughput with Interrupt Processing (Depending on Interrupt Program)
- ✓ 2 High Speed dc Inputs

CPU512 Series

- ✓ 2K Words User Logic
- ✓ 1820 Words Data
- ✓ 16 Discrete Inputs
- ✓ 12 Discrete Outputs
- ✓ 2.5 ms per K Logic Scan
- ✓ 2 Modbus/ASCII Ports
- ✓ High Speed I/O Expansion Port
- ✓ 3 High Speed dc Inputs (2 on ac Versions)
- ✓ 1 to 1.5 ms Throughput with Interrupt Processing (Depending on Size of Interrupt Program)

CPU612 Series

All Features of **CPU512** Plus:

- ✓ Enhanced Instruction Set (Including PID II and Floating Point Math)
- ✓ 4 Analog Inputs ± 10 V 16 Bit; 4-20 mA 14 Bit
- ✓ 2 Analog Outputs 0-10 V, 4-20mA; 12 Bit
- ✓ Time-of-Day Clock

Programming Tools

Model Number	Price	Description
371SPU92100	\$500	Modsoft Lite programming software
520VPU19200	436	Handheld programmer
520VIA19200	105	Handheld program transfer kit (connects handheld programmer to computer for interfacing to Modsoft Lite software), requires communications cable

RS-232 Communication Cables and Adaptors

Model Number	Price	Description
110XCA20300	\$25	RJ45 9-Pin shell adaptor for AT serial port (requires communications cable)
110XCA20400	25	RJ45 25-Pin D Shell adaptor for XT serial port (requires communications cable)
110XCA28201	25	Communications cable, 1 m, RJ45 connector (requires shell adaptor)
110XCA28202	35	Communications cable, 3 m, RJ45 connector (requires shell adaptor)
110XCA28203	50	Communications cable, 6 m, RJ45 connector (requires shell adaptor)

110CPU Series

I/O Expansion Cables and Adaptors

Model Number	Price	Description
110XCA10100	\$25	Y connector for I/O expansion
110XCA17101	25	I/O expansion cable, 1 m
110XCA17102	35	I/O expansion cable, 3 m
110XCA17103	50	I/O expansion cable, 6 m

Batteries for Data Backup

Model Number	Price	Description
110XCP98000	\$30	Lithium battery assembly
110XCP99000	40	Capacitor assembly

**Note on batteries:* The PLC's standard program is backed up by flash prom. For optional data backup, the lithium battery or capacitor assembly may be used. The lithium battery provides long-term backup but requires periodic replacement. The capacitor provides short term backup (typically 72 hours), but does not require replacement.



520VPU19200 handheld programmer sold separately, \$395



Sample screen of Modsoft Lite on-line/off-line development software

Ordering Examples:

Single Micro System with Msoft Lite Software

Model Number	Description	Qty.	Unit Price	Extended Price
110CPU41100	Programmable logic controller	1	\$518	\$518
371SPU92100	Modsoft Lite Programming Software	1	500	500
110XCA20400	RJ45 25-Pin D shell adaptor for XT serial port	1	25	25
110XCA28202	Communications cable, 3 m, RJ45 connector	1	35	35
			Total	\$1078

Multiple Micros with Modsoft Lite Software

110CPU61200	Programmable logic controller	1	\$1105	\$1105
110CPU51200	Programmable logic controller	1	827	827
110CPU31100	Programmable logic controller	1	450	450
110CPU31101	Programmable logic controller	1	553	553
110XCA10100	Y Connector for I/O expansion	2	25	50
110XCA17103	I/O expansion cable, 6 m	3	50	150
371SPU92100	Modsoft Lite programming software	1	500	500
110XCA20400	RJ45 25-pin D shell adaptor for XT serial port	1	25	25
110XCA28202	Communications cable, 3 m, RJ45 connector	1	35	35
			Total	\$3695

Single Micro with Handheld Programmer and Modsoft Lite Software

110CPU51201	Programmable logic controller	1	\$915	\$915
520VPU19200	Handheld programmer	1	436	436
520VIA19200	Handheld program transfer kit	1	105	105
371SPU92100	Modsoft Lite programming software	1	500	500
110XCA20400	RJ45 25-Pin D shell adaptor for XT serial port	1	25	25
110XCA28202	Communications cable, 3 m, RJ45 connector	1	35	35
			Total	\$2016

DASHEET 2

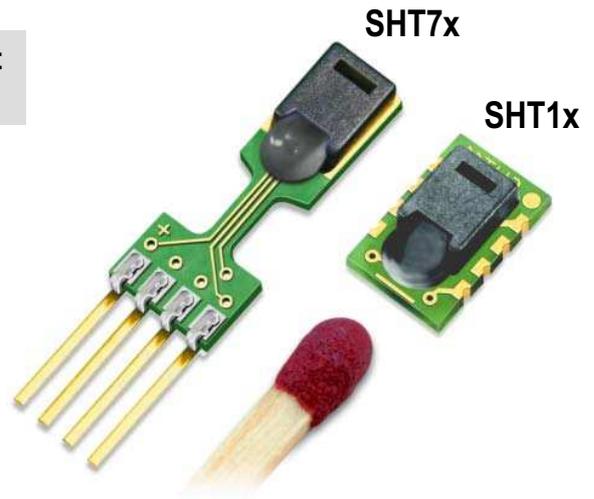
Dasheet Sensor T/HR

SHT1x / SHT7x

Humidity & Temperature Sensor

Evaluation Kit Available

- Relative humidity and temperature sensors
- Dew point
- Fully calibrated, digital output
- Excellent long-term stability
- No external components required
- Ultra low power consumption
- Surface mountable or 4-pin fully interchangeable
- Small size
- Automatic power down



SHT1x / SHT7x Product Summary

The SHTxx is a single chip relative humidity and temperature multi sensor module comprising a calibrated digital output. Application of industrial CMOS processes with patented micro-machining (CMOSens® technology) ensures highest reliability and excellent long term stability. The device includes a capacitive polymer sensing element for relative humidity and a bandgap temperature sensor. Both are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit on the same chip. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC) at a very competitive price. Each SHTxx is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into

the OTP memory. These coefficients are used internally during measurements to calibrate the signals from the sensors.

The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows easy and fast system integration. Its tiny size and low power consumption makes it the ultimate choice for even the most demanding applications.

The device is supplied in either a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) or as a pluggable 4-pin single-in-line type package. Customer specific packaging options may be available on request.

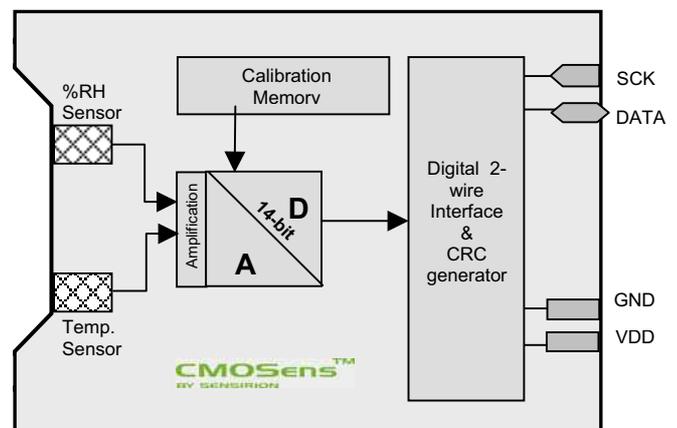
Applications

- _ HVAC
- _ Automotive
- _ Consumer Goods
- _ Weather Stations
- _ Humidifiers
- _ Dehumidifiers
- _ Test & Measurement
- _ Data Logging
- _ Automation
- _ White Goods
- _ Medical

Ordering Information

Part Number	Humidity accuracy [%RH]	Temperature accuracy [K] @ 25 °C	Package
SHT10	±4.5	±0.5	SMD (LCC)
SHT11	±3.0	±0.4	SMD (LCC)
SHT15	±2.0	±0.3	SMD (LCC)
SHT71	±3.0	±0.4	4-pin single-in-line
SHT75	±1.8	±0.3	4-pin single-in-line

Block Diagram



1 Sensor Performance Specifications

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Humidity					
Resolution ⁽²⁾		0.5	0.03	0.03	%RH
		8	12	12	bit
Repeatability			±0.1		%RH
Accuracy ⁽¹⁾	linearized	see figure 1			
Uncertainty					
Interchangeability		Fully interchangeable			
Nonlinearity	raw data		±3		%RH
	linearized		<<1		%RH
Range		0		100	%RH
Response time	1/e (63%) slowly moving air		4		s
Hysteresis			±1		%RH
Long term stability	typical		< 0.5		%RH/yr
Temperature					
Resolution ⁽²⁾		0.04	0.01	0.01	°C
		0.07	0.02	0.02	°F
		12	14	14	bit
Repeatability			±0.1		°C
			±0.2		°F
Accuracy		see figure 1			
Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time	1/e (63%)	5		30	s

Table 1 Sensor Performance Specifications

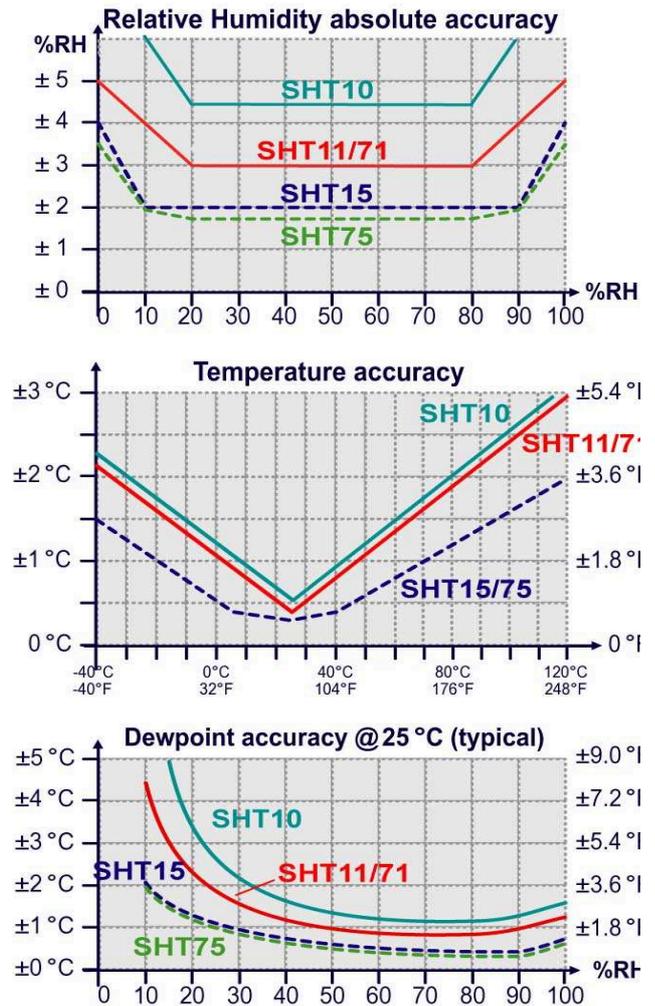


Figure 1 Rel. Humidity, Temperature and Dewpoint accuracies

2 Interface Specifications

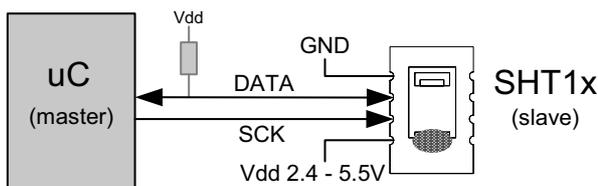


Figure 2 Typical application circuit

2.1 Power Pins

The SHTxx requires a voltage supply between 2.4 and 5.5 V. After powerup the device needs 11ms to reach its “sleep” state. No commands should be sent before that time. Power supply pins (VDD, GND) may be decoupled with a 100 nF capacitor.

2.2 Serial Interface (Bidirectional 2-wire)

The serial interface of the SHTxx is optimized for sensor readout and power consumption and is not compatible with I²C interfaces, see FAQ for details.

2.2.1 Serial clock input (SCK)

The SCK is used to synchronize the communication between a microcontroller and the SHTxx. Since the interface consists of fully static logic there is no minimum SCK frequency.

2.2.2 Serial data (DATA)

The DATA tristate pin is used to transfer data in and out of the device. DATA **changes after the falling edge** and is **valid on the rising edge** of the serial clock SCK. During transmission the DATA line must remain stable while SCK is high. To avoid signal contention the microcontroller should only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10 kΩ) is required to pull the signal high. (See Figure 2) Pull-up resistors are often included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 5 for detailed IO characteristics.

⁽¹⁾ Each SHTxx is tested to be fully within RH accuracy specifications at 25 °C (77 °F) and 48 °C (118.4 °F)

⁽²⁾ The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8 bit through the status register.

2.2.3 Sending a command

To initiate a transmission, a "Transmission Start" sequence has to be issued. It consists of a lowering of the DATA line while SCK is high, followed by a low pulse on SCK and raising DATA again while SCK is still high.

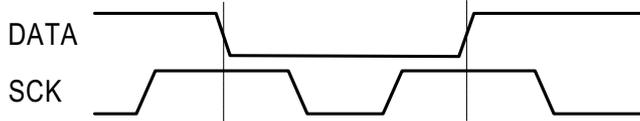


Figure 3 "Transmission Start" sequence

The subsequent command consists of three address bits (only "000" is currently supported) and five command bits. The SHTxx indicates the proper reception of a command by pulling the DATA pin low (ACK bit) after the falling edge of the 8th SCK clock. The DATA line is released (and goes high) after the falling edge of the 9th SCK clock.

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset , resets the interface, clears the status register to default values wait minimum 11 ms before next command	11110

Table 2 SHTxx list of commands

2.2.4 Measurement sequence (RH and T)

After issuing a measurement command ('00000101' for RH, '00000011' for Temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes approximately 11/55/210 ms for a 8/12/14bit measurement. The exact time varies by up to ±15% with the speed of the internal oscillator. To signal the completion of a measurement, the SHTxx pulls down the data line and enters idle mode. The controller **must** wait for this "data ready" signal before restarting SCK to readout the data. Measurement data is stored until readout,

therefore the controller can continue with other tasks and readout as convenient.

Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum will then be transmitted. The uC must acknowledge each byte by pulling the DATA line low. All values are MSB first, right justified. (e.g. the 5th SCK is MSB for a 12bit value, for a 8bit result the first byte is not used). Communication terminates after the acknowledge bit of the CRC data. If CRC-8 checksum is not used the controller may terminate the communication after the measurement data LSB by keeping ack high. The device automatically returns to sleep mode after the measurement and communication have ended.

Warning: To keep self heating below 0.1 °C the SHTxx should not be active for more than 10% of the time (e.g. max. 2 measurements / second for 12bit accuracy).

2.2.5 Connection reset sequence

If communication with the device is lost the following signal sequence will reset its serial interface: While leaving DATA high, toggle SCK 9 or more times. This must be followed by a "Transmission Start" sequence preceding the next command. This sequence resets the interface only. The status register preserves its content.

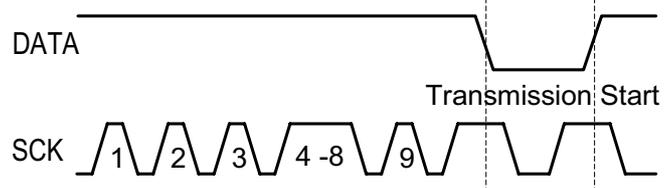


Figure 4 Connection reset sequence

2.2.6 CRC-8 Checksum calculation

The whole digital transmission is secured by a 8 bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated. Please consult application note "CRC-8 Checksum Calculation" for information on how to calculate the CRC.

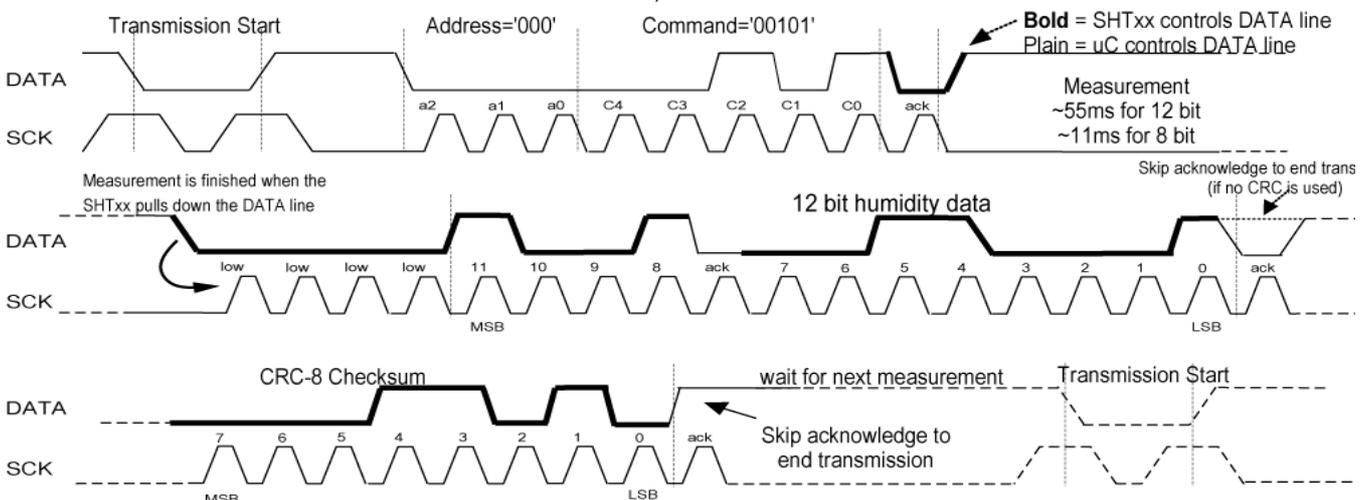


Figure 5 Example RH measurement sequence for value "0000'1001' 0011'0001" = 2353 = 75.79 %RH (without temperature compensation)

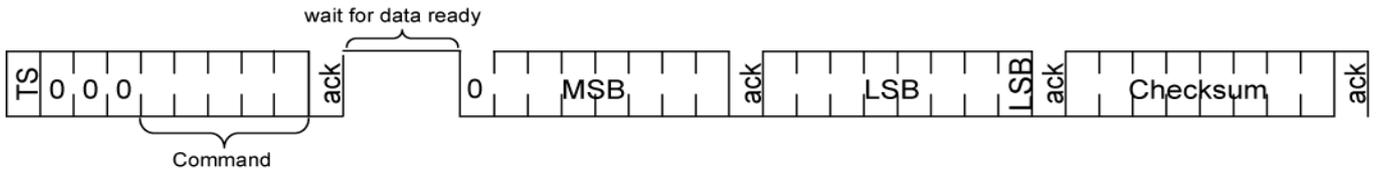


Figure 6 Overview of Measurement Sequence (TS = Transmission Start)

2.3 Status Register

Some of the advanced functions of the SHTxx are available through the status register. The following section gives a brief overview of these features. A more detailed description is available in the application note "Status Register"

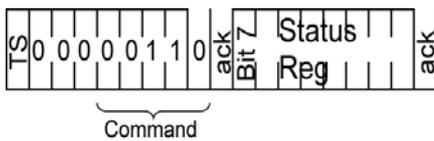


Figure 7 Status Register Write

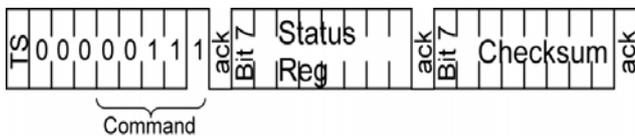


Figure 8 Status Register Read

Bit	Type	Description	Default
7		reserved	0
6	R	End of Battery (low voltage detection) '0' for Vdd > 2.47 '1' for Vdd < 2.47	X No default value, bit is only updated after a measurement
5		reserved	0
4		reserved	0
3		For Testing only, do not use	0
2	R/W	Heater	0 off
1	R/W	no reload from OTP	0 reload
0	R/W	'1' = 8bit RH / 12bit Temperature resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temperature resolution	0 12bit RH 14bit Temp.

Table 3 Status Register Bits

2.3.1 Measurement resolution

The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8bit. This is especially useful in high speed or extreme low power applications.

2.3.2 End of Battery

The "End of Battery" function detects VDD voltages below 2.47 V. Accuracy is ±0.05 V

2.3.3 Heater

An on chip heating element can be switched on. It will increase the temperature of the sensor by 5-15 °C (9-27 °F). Power consumption will increase by ~8 mA @ 5 V.

Applications:

By comparing temperature and humidity values before and

after switching on the heater, proper functionality of both sensors can be verified.

- In high (>95 %RH) RH environments heating the sensor element will prevent condensation, improve response time and accuracy

Warning: While heated the SHTxx will show higher temperatures and a lower relative humidity than with no heating.

2.4 Electrical Characteristics⁽¹⁾

VDD=5V, Temperature = 25 °C unless otherwise noted

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	measuring		550		µA
	average	2 ⁽²⁾	28 ⁽³⁾		µA
	sleep		0.3	1	µA
Low level output voltage		0		20%	Vdd
High level output voltage		75%		100%	Vdd
Low level input voltage	Negative going	0		20%	Vdd
High level input voltage	Positive going	80%		100%	Vdd
Input current on pads				1	µA
Output peak current	on			4	mA
	Tristated (off)		10		µA

Table 4 SHTxx DC Characteristics

	Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F _{SCK}	SCK frequency	VDD > 4.5 V			10	MHz
		VDD < 4.5 V			1	MHz
T _{RFO}	DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T _{CLx}	SCK hi/low time		100		ns	
T _V	DATA valid time			250	ns	
T _{SU}	DATA set up time		100		ns	
T _{HO}	DATA hold time		0	10	ns	
T _{R/F}	SCK rise/fall time			200	ns	

Table 5 SHTxx I/O Signals Characteristics

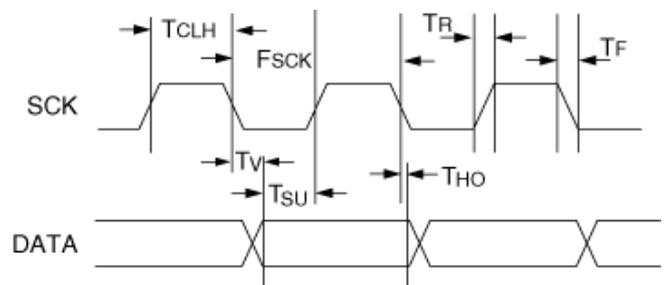


Figure 9 Timing Diagram

⁽¹⁾ Parameters are periodically sampled and not 100% tested
⁽²⁾ With one measurement of 8 bit accuracy without OTP reload per second
⁽³⁾ With one measurement of 12bit accuracy per second

3 Converting Output to Physical Values

3.1 Relative Humidity

To compensate for the non-linearity of the humidity sensor and to obtain the full accuracy it is recommended to convert the readout with the following formula¹:

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2$$

SO _{RH}	c ₁	c ₂	c ₃
12 bit	-4	0.0405	-2.8 * 10 ⁻⁶
8 bit	-4	0.648	-7.2 * 10 ⁻⁴

Table 6 Humidity conversion coefficients

For simplified, less computation intense conversion formulas see application note “RH and Temperature Non-Linearity Compensation”.

Values higher than 99% RH indicate fully saturated air and must be processed and displayed as 100% RH.

The humidity sensor has no significant voltage dependency.

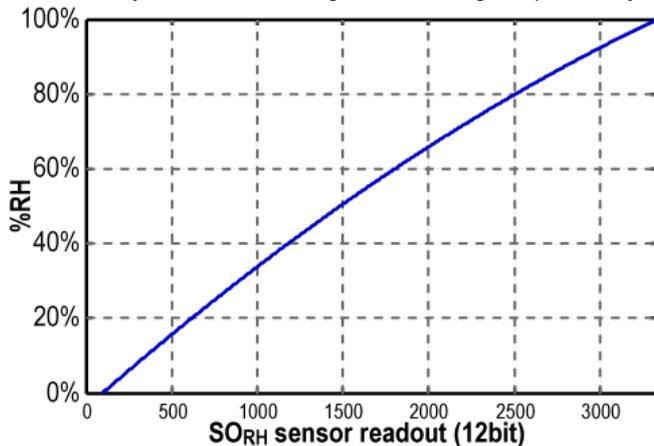


Figure 10 Conversion from SO_{RH} to relative humidity

3.1.1 Humidity Sensor RH/Temperature compensation

For temperatures significantly different from 25 °C (~77 °F) the temperature coefficient of the RH sensor should be considered:

$$RH_{true} = (T_{°C} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear}$$

SO _{RH}	t ₁	t ₂
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Table 7 Temperature compensation coefficients

This equals ~0.12 %RH / °C @ 50 %RH

3.2 Temperature

The bandgap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert from digital readout to temperature:

$$Temperature = d_1 + d_2 \cdot SO_T$$

VDD	d ₁ [°C]	d ₁ [°F]
5V	-40.00	-40.00
4V	-39.75	-39.50
3.5V	-39.66	-39.35
3V	-39.60	-39.28
2.5V	-39.55	-39.23

SO _T	d ₂ [°C]	d ₂ [°F]
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

Table 8 Temperature conversion coefficients

For improved accuracies in extreme temperatures with more computation intense conversion formulas see application note “RH and Temperature Non-Linearity Compensation”.

3.3 Dewpoint

Since humidity and temperature are both measured on the same monolithic chip, the SHTxx allows superb dewpoint measurements. See application note “Dewpoint calculation” for more.

¹ Where SO_{RH} is the sensor output for relative humidity

4 Applications Information

4.1 Operating and Storage Conditions

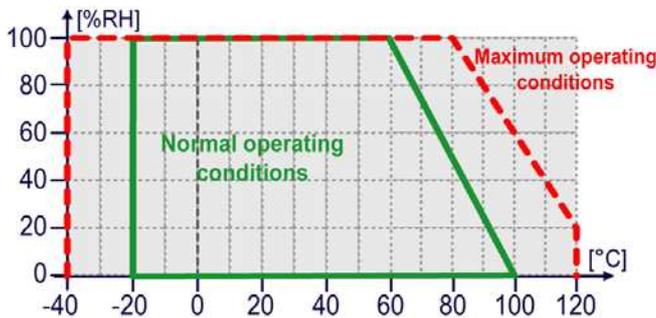


Figure 11 Recommended operating conditions

Conditions outside the recommended range may temporarily offset the RH signal up to ± 3 %RH. After return to normal conditions it will slowly return towards calibration state by itself. See 4.3 “Reconditioning Procedure” to accelerate this process. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

4.2 Exposure to Chemicals

Chemical vapors may interfere with the polymer layers used for capacitive humidity sensors. The diffusion of chemicals into the polymer may cause a shift in both offset and sensitivity. In a clean environment the contaminants will slowly outgas. The reconditioning procedure described below will accelerate this process. High levels of pollutants may cause permanent damage to the sensing polymer.

4.3 Reconditioning Procedure

The following reconditioning procedure will bring the sensor back to calibration state after exposure to extreme conditions or chemical vapors.

80-90 °C (176-194°F) at < 5 %RH for 24h (baking) followed by 20-30 °C (70-90°F) at > 74 %RH for 48h (re-hydration)

4.4 Temperature Effects

The relative humidity of a gas strongly depends on its temperature. It is therefore essential to keep humidity sensors at the same temperature as the air of which the relative humidity is to be measured.

If the SHTxx shares a PCB with electronic components that give off heat it should be mounted far away and below the heat source and the housing must remain well ventilated.

To reduce heat conduction copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB should be minimized and a slit may be milled in between (see figure 13).

4.5 Membranes

A membrane may be used to prevent dirt from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times air volume behind the membrane must be kept to a minimum. For the SHT1x package Sensirion recommends the SF1 filter cap for optimal IP67 protection.

(1) The temperature sensor passed all tests without any detectable drift. Package and electronics also passed 100%

4.6 Light

The SHTxx is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

4.7 Materials Used for Sealing / Mounting

Many materials absorb humidity and will act as a buffer, increasing response times and hysteresis. Materials in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are: All Metals, LCP, POM (Delrin), PTFE (Teflon), PE, PEEK, PP, PB, PPS, PSU, PVDF, PVF For sealing and gluing (use sparingly): High filled epoxy for electronic packaging (e.g. glob top, underfill), and Silicone. Outgassing of these materials may also contaminate the SHTxx (cf. 4.2). Store well ventilated after manufacturing or bake at 50°C for 24h to outgas contaminants before packing.

4.8 Wiring Considerations and Signal Integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals. Please see the application note “ESD, Latchup and EMC” for more information.

Power supply pins (VDD, GND) should be decoupled with a 100 nF capacitor if wires are used.

4.9 Qualifications

Extensive tests were performed in various environments. Please contact SENSIRION for detailed information.

Environment	Norm	Results ⁽¹⁾
Temperature Cycles	JESD22-A104-B -40 °C / 125 °C, 1000 cy	Within Specifications
HAST Pressure Cooker	JESD22-A110-B 2.3 bar 125 °C 85 %RH	Reversible shift by +2 %RH
High Temperature and Humidity	JESD22-A101-B 85 °C 85 %RH 1250h	Reversible shift by +2 %RH
Salt Atmosphere	DIN-50021ss	Within Spec.
Condensing Air	-	Within Spec.
Freezing cycles fully submerged	-20 / +90 °C, 100 cy 30min dwell time	Reversible shift by +2 %RH
Various Automotive Chemicals	DIN 72300-5	Within Specifications

Table 9 Qualification tests (excerpt)

4.10 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ± 2 kV)).

Latch-up immunity is provided at a force current of ± 100 mA with $T_{amb} = 80$ °C according to JEDEC 17. See application note “ESD, Latchup and EMC” for more information.

5 Package Information

5.1 SHT1x (surface mountable)

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data, bidirectional
3	SCK	Serial clock, input
4	VDD	Supply 2.4 - 5.5 V
	NC	Remaining pins must be left unconnected

Table 10 SHT1x Pin Description

5.1.1 Package type

The SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) type package. The sensors housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8 mm FR4 substrate. The device is free of Pb, Cd and Hg. (Fully ROHS, WEEE compliant) Device size is 7.42 x 4.88 x 2.5 mm (0.29 x 0.19 x 0.1 inch) Weight 100 mg

The production date is printed onto the cap in white numbers in the form ww.y. e.g. "351" = week 35, 2001.

5.1.2 Delivery Conditions

The SHT1x are shipped in 12mm tape at 100pcs or 400pcs. (SHT10 at 2000pcs only). Reels are individually labelled with barcode and human readable labels. The lot numbers allow full traceability through production, calibration and test.

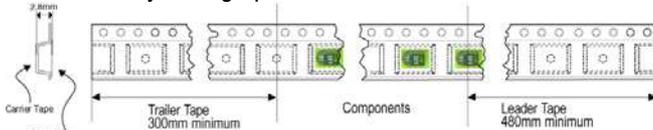


Figure 12 Tape configuration and unit orientation

5.1.3 Soldering Information

Standard reflow soldering ovens may be used. For details please see application note "soldering procedure".

For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350 °C.

After soldering the devices should be stored at >74 %RH for at least 24h to allow the polymer to rehydrate.

Please consult the application note "Soldering procedure" for more information.

5.1.4 Mounting Examples

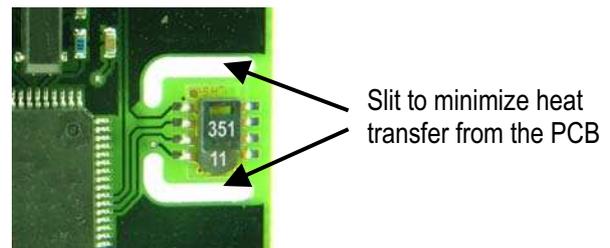


Figure 13 SHT1x PCB Mounting example

The SF1 membrane filter cap is available for optimal IP67 protection. When mounted through a housing the interior can be protected from the environment while still allowing high quality humidity measurements (see example below).

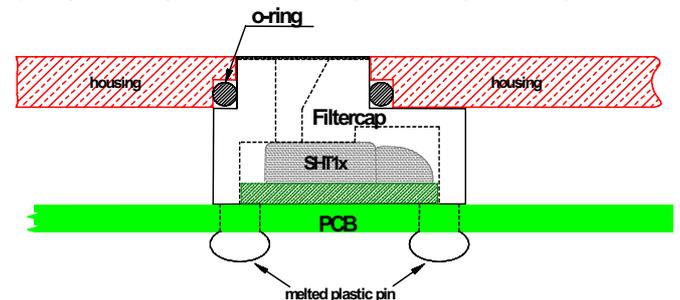


Figure 14 SF1 IP67 filter cap mounting example

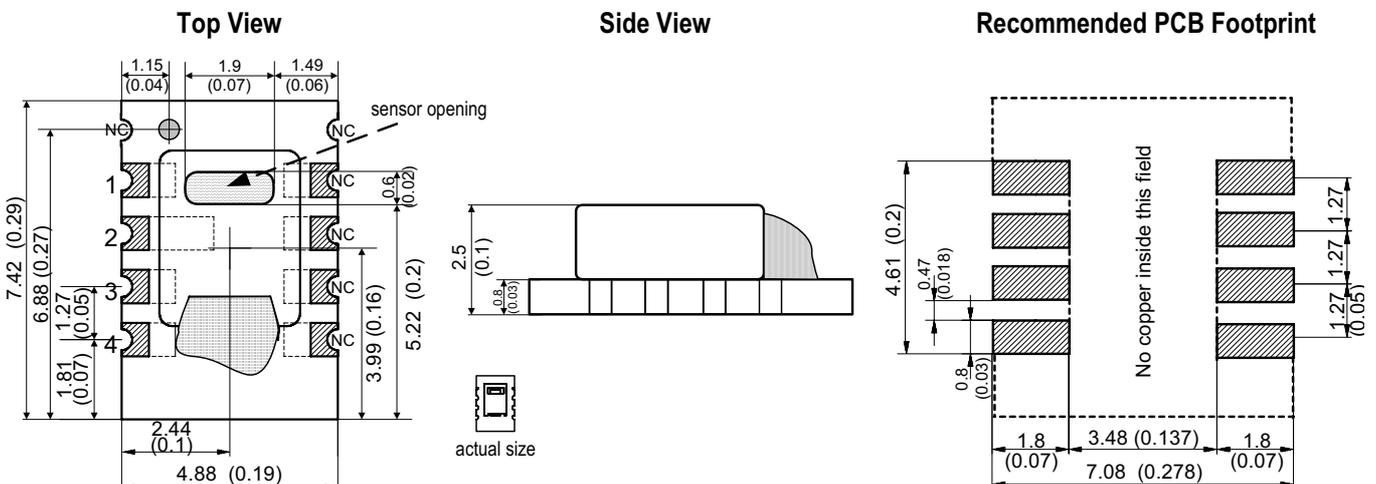


Figure 15 SHT1x drawing and footprint dimensions in mm (inch)

5.2 SHT7x (4-pin single-in-line)

Pin	Name	Comment
1	SCK	Serial clock input
2	VDD	Supply 2.4 - 5.5 V
3	GND	Ground
4	DATA	Serial data bidirectional

Table 11 SHT7x Pin Description

5.2.1 Package type¹

The device is supplied in a single-in-line pin type package. The sensor housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.6 mm FR4 substrate. The device is Cd and Hg free.

The sensor head is connected to the pins by a small bridge to minimize heat conduction and response times. The gold plated back side of the sensor head is connected to the GND pin.

A 100nF capacitor is mounted on the back side between VDD and GND.

All pins are gold plated to avoid corrosion. They can be soldered or mate with most 1.27 mm (0.05") sockets e.g.: Preci-dip / Mill-Max 851-93-004-20-001 or similar
Total weight: 168 mg, weight of sensor head: 73 mg

The production date is printed onto the cap in white numbers in the form wwy. e.g. "351" = week 35, 2001.

5.2.2 Delivery Conditions

The SHT7x are shipped in 32 mm tape. These reeled parts in standard option are shipped with 500 units per 13 inch diameter reel. Reels are individually labelled with barcode and human readable labels.

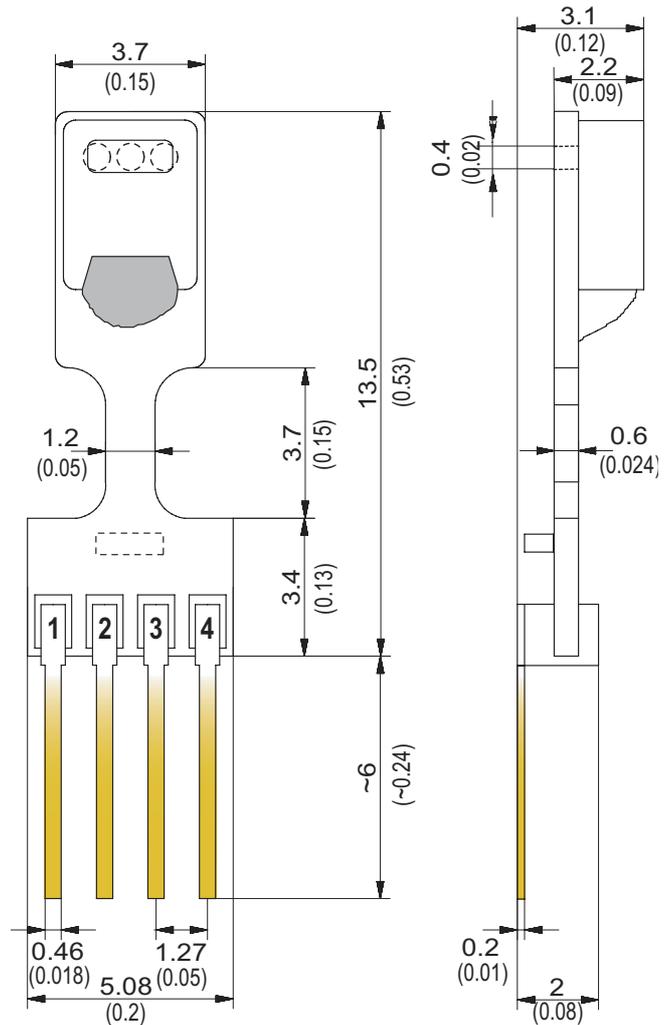


Figure 17 SHT7x dimensions in mm (inch)

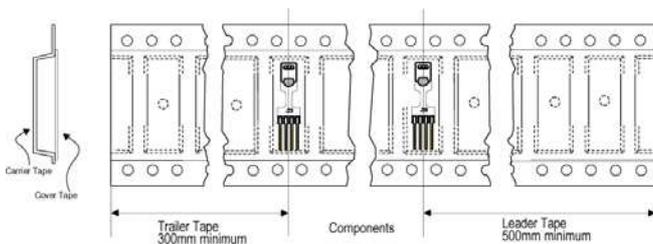


Figure 16 Tape configuration and unit orientation

5.2.3 Soldering Information²

Standard wave SHT7x soldering ovens may be used at maximum 235 °C for 20 seconds.

For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350 °C.

After wave soldering the devices should be stored at >74 %RH for at least 24 h to allow the polymer to rehydrate. Please consult the application note "Soldering procedure" for more information.

¹ Other packaging options may be available on request.

² For maximum accuracy do not solder SHT75!

6 Revision history

Date	Version	Page(s)	Changes
February 2002	Preliminary	1-9	First public release
June 2002	Preliminary		Added SHT7x information
March 2003	Final v2.0	1-9	Major remake, added application information etc. Various small modifications
	V2.01	1-9	Typos, Graph labeling
July 2004	V2.02	1-9	Improved specifications, added SF1 information, improved wording
April 2005	V2.03	1-2	Added SHT10 information
May 2005	V2.04	1-9	Changed company address
March 2006	V2.05	1-10	Changed disclaimer

The latest version of this document and all application notes can be found at:

www.sensirion.com/humidity

7 Important Notices

7.1 Warning, personal injury

Do not use this product as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury. Do not use this product for applications other than its intended and authorized use. Before installing, handling, using or servicing this product, please consult the data sheet and application notes. Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

If the Buyer shall purchase or use SENSIRION products for any unintended or unauthorized application, Buyer shall defend, indemnify and hold harmless SENSIRION and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors against all claims, costs, damages and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if SENSIRION shall be allegedly negligent with respect to the design or the manufacture of the product.

7.2 ESD Precautions

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take customary and statutory ESD precautions when handling this product.

See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

7.3 Warranty

SENSIRION warrants solely to the original purchaser of this product for a period of 12 months (one year) from the date of delivery that this product shall be of the quality, material and workmanship defined in SENSIRION's published specifications of the product. Within such period, if proven to be defective, SENSIRION shall repair and/or replace this product, in SENSIRION's discretion, free of charge to the Buyer, provided that:

- notice in writing describing the defects shall be given to SENSIRION within fourteen (14) days after their appearance;

- such defects shall be found, to SENSIRION's reasonable satisfaction, to have arisen from SENSIRION's faulty design, material, or workmanship;
- the defective product shall be returned to SENSIRION's factory at the Buyer's expense; and
- the warranty period for any repaired or replaced product shall be limited to the unexpired portion of the original period.

This warranty does not apply to any equipment which has not been installed and used within the specifications recommended by SENSIRION for the intended and proper use of the equipment. EXCEPT FOR THE WARRANTIES EXPRESSLY SET FORTH HEREIN, SENSIRION MAKES NO WARRANTIES, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, WITH RESPECT TO THE PRODUCT. ANY AND ALL WARRANTIES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE EXPRESSLY EXCLUDED AND DECLINED.

SENSIRION is only liable for defects of this product arising under the conditions of operation provided for in the data sheet and proper use of the goods. SENSIRION explicitly disclaims all warranties, express or implied, for any period during which the goods are operated or stored not in accordance with the technical specifications.

SENSIRION does not assume any liability arising out of any application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. All operating parameters, including without limitation recommended parameters, must be validated for each customer's applications by customer's technical experts. Recommended parameters can and do vary in different applications.

SENSIRION reserves the right, without further notice, (i) to change the product specifications and/or the information in this document and (ii) to improve reliability, functions and design of this product.

Copyright© 2001-2005, SENSIRION.
CMOSens® is a trademark of Sensirion
All rights reserved.

Headquarters and Sales Office

SENSIRION AG
Laubisruetistr. 50
CH-8712 Staefa ZH
Switzerland

Phone: + 41 (0)44 306 40 00
Fax: + 41 (0)44 306 40 30
e-mail: info@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

SENSIRION Inc
Westlake Pl. Ctr. I, suite 240
2801 Townsgate Road
Westlake Village, CA 91361
USA

Phone: 805-409 4900
Fax: 805-435 0467
e-mail: michael.karst@sensirion.com
<http://www.sensirion.com/>

Sensirion humidity sensors are available from:

find your local representative at:
www.sensirion.com/rep

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.	<i>Aire estático dentro del galpón</i>	19
Figura 3.2.	<i>Calentamiento del aire del galpón</i>	20
Figura 3.3.	<i>Enfriamiento del aire del galpón</i>	21
Figura 3.4.	<i>Enfriamiento por riego</i>	21
Figura 3.5.	<i>Extracción de humedad</i>	22
Figura 3.6.	<i>Ventilación por túnel</i>	24
Figura 3.7.	<i>Histéresis para modos de control de temperatura</i>	29
Figura 3.8.	<i>Histéresis para control de humedad</i>	30
Figura 3.9.	<i>Disco de codificación de cortinas de túnel</i>	37
Figura 3.10.	<i>Diseño de aperturas para ventilación tipo túnel</i>	38
Figura 4.1.	<i>Tolva instalada en el galpón “A-1” del IASA</i>	40
Figura 4.2.	<i>Línea de transporte instalada en el galpón “A-1” del IASA</i>	41
Figura 4.3.	<i>Comedero instalado en el galpón “A-1” del IASA</i>	42
Figura 4.4.	<i>Ubicación de los sensores en el plato sensor</i>	42
Figura 4.5.	<i>Motor instalado en el galpón “A-1” del IASA</i>	43
Figura 4.6.	<i>Sistema de suspensión instalado en el galpón “A-1” del IASA</i>	44
Figura 4.7.	<i>Distancia del Silo al galpón</i>	46
Figura 4.8.	<i>Sistema final a la Tolva</i>	46
Figura 4.9.	<i>Diagrama de control</i>	47
Figura 4.10.	<i>Diagrama de Fuerza</i>	47
Figura 4.11.	<i>Diagrama de tolva con sensores</i>	47
Figura 5.1.	<i>Mapa Conceptual de las áreas</i>	51
Figura 5.2.	<i>Pantalla de ingreso de usuario</i>	52
Figura 5.3.	<i>Pantalla “Ingreso de Aves al Galpón”</i>	53
Figura 5.4.	<i>Pantalla “MENU”</i>	54
Figura 5.5.	<i>“Pantalla General de Operaciones”</i>	55
Figura 5.6.	<i>Pantalla de Alarmas</i>	56
Figura 5.7.	<i>Generación de Informes</i>	56

Figura 5.8.	<i>Ventilación Mínima</i>	57
Figura 5.9.	<i>Modo de Enfriamiento</i>	57
Figura 5.10.	<i>Modo de Calentamiento</i>	58
Figura 5.11.	<i>Modo de Humedad</i>	58
Figura 5.12.	<i>Modo de Túnel</i>	59
Figura 5.13.	<i>Foto de un tipo de Antena Omnidireccional</i>	60
Figura 5.14.	<i>Foto de un tipo de Antena Direccional</i>	61
Figura 5.15.	<i>Foto de un Tipo de Lightning Arrestor</i>	62
Figura 5.16.	<i>Ubicación del galpón “A-1” y oficinas del IASA</i>	63
Figura 5.17.	<i>Perfil del terreno del galpón</i>	63
Figura 6.1.	<i>Temporización de temperatura y humedad</i>	71
Figura 6.2.	<i>Temporización de S.P. y Ventilación mínima 1</i>	72
Figura 6.3.	<i>Temporización de S.P. y Ventilación mínima 2</i>	73
Figura 6.4.	<i>Recta de adaptación del sensor</i>	77
Figura 6.5.	<i>Adaptación de la señal del sensor</i>	78
Figura 6.6.	<i>Adaptación de la señal del sensor</i>	80
Figura 6.7.	<i>Control de quemadores</i>	82
Figura 6.8.	<i>Modo de enfriamiento</i>	84
Figura 6.9.	<i>Modo de Túnel (Extractores)</i>	85
Figura 6.10.	<i>Modo de Túnel (Cortinas)</i>	86
Figura 6.11.	<i>Modo de Ventilación mínima</i>	88
Figura 6.12.	<i>Modo de Ventilación mínima</i>	89
Figura 7.1.	<i>Registro de temperatura en el galpón</i>	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	<i>Temperatura Recomendada</i>	8
Tabla 2.2.	<i>Influencia de la Temperatura ambiente sobre el comportamiento de las aves y la aparición del estrés térmico</i>	10
Tabla 3.1.	<i>Relación de instrumentación y control</i>	28
Tabla 3.2.	<i>Datos base para ventilación mínima</i>	32
Tabla 3.3.	<i>Cantidad de ventilación mínima</i>	33
Tabla 3.4.	<i>Ciclos de encendido de ventilación mínima</i>	34
Tabla 6.1.	<i>Tabla de Set Points</i>	73
Tabla 6.2.	<i>Tabla de ciclos ON (de ventilación mínima)</i>	75
Tabla 6.3.	<i>Tabla de ciclos OFF(de ventilación mínima)</i>	76
Tabla 6.4.	<i>Registros asociados</i>	79
Tabla 6.5.	<i>Adaptación de la señal del sensor (registros y bobinas)</i>	81
Tabla 6.6.	<i>Bobinas y registros asociados al modo de calentamiento</i>	83
Tabla 6.7.	<i>Bobinas y registros asociados al modo de enfriamiento</i>	84
Tabla 6.8.	<i>Bobinas y registros asociados a modo Túnel</i>	85
Tabla 6.9.	<i>Bobinas y registros asociados a modo Túnel (Cortinas)</i>	87
Tabla 6.10.	<i>Bobinas y registros asociados a modo de ventilación mínima</i>	89
Tabla 7.1.	<i>Verificación del sensor de temperatura y humedad relativa</i>	96
Tabla 7.2.	<i>Prueba – Fallo de la señal del sensor de temperatura y humedad relativa</i>	97
Tabla 7.3.	<i>Registro de temperatura en el galpón</i>	98
Tabla 8.1.	<i>Índice de conversión</i>	103
Tabla 8.2.	<i>Flujo de caja del proyecto (Costa)</i>	105

GLOSARIO

Pollos Broilers.- Pollos de engorde generados por la mezcla de dos razas.

PLC (Programmable Logic Controller)- Controlador lógico programable, dispositivo que es el centro de control del sistema, es un controlador de campo.

RF (Radio Frequency)- Radio frecuencia, termino utilizado para describir la transmisión de información por medio inalámbrico con ondas electromagnéticas.

SP (Set Point)- Punto deseado, es un valor deseado de una variable física controlada automáticamente.

PWM (Pulsen Width modulation)- Modulación de ancho de pulso, Método utilizado para obtener un voltaje DC variable variando el tiempo en alto de un pulso de frecuencia definida.

HR.- Humedad Relativa del ambiente.

PNP.- Salida de tipo discreto que corresponde a una conmutación con transistor en la zona positiva de la carga.

AutoCad.- Programa de desarrollo de sistemas de diseño asistido por computador (CAD)

Hyper Trend.- Tabla que permite el registro y análisis de tendencias de una variable determinada.

PV (Present Value).- Variable de proceso, valor actual de la variable que se desea controlar.

Timer.- Dispositivo o pieza de software que permite activar o desactivar una salida después de transcurrido un tiempo.

P&ID (Pipelng and Instrumentation diagram).- Diagrama de instrumentación y conexiones del sistema

FECHA DE ENTREGA

Sangolquí, ____ de _____ de 2007

Ing. Víctor Proaño
Coordinador de Carrera de
Electrónica, Automatización y Control

Gustavo Ricardo Egüez Dávila

Jaime Daniel Vásquez Cáceres