

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creada por Ley N° 25265)



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA-SISTEMAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE ELECTRÓNICA**

TESIS

**CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE
UN CLIMATIZADOR AUTOMÁTICO PARA LA
REDUCCIÓN DE LA MORBILIDAD Y RETARDO
DE CRECIMIENTO DE POLLOS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICA**

**PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:
BACH. ING. RICHARD GÓMEZ DE LA CRUZ
BACH. ING. WILLIAM GÓMEZ DE LA CRUZ**

HUANCAVELICA, NOVIEMBRE DEL 2014



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas, a los 21 días del mes de AGOSTO del año 2014, a horas 1.5.:1.5., se reunieron; el Jurado Calificador, conformado de la siguiente manera:

Presidente: ING. CARLOS AREL GALUAN TALDONADO
 Secretario: ING. JAVIER ALFREDO HERRERA TORALES
 Vocal: ING. HIPOLITO CARBASAL TORAN

Designados con Resolución N° 264-2014-FIES-UNH.; del: proyecto de investigación (Tesis), Titulado: "CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE UN CLIMATIZADOR AUTOMATICO PARA LA REDUCCION DE LA TORRUBIDAD Y RETARDO DE CRECIMIENTO DE POLLOS"

Cuyos autores son los graduado (s):

BACHILLER (S): WILLIAM GOREZ DE LA CRUZ
RICHARD GOREZ DE LA CRUZ

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del proyecto de investigación, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invito al público presente y a los sustentantes a abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente el resultado:

APROBADO POR MAYORIA

DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

Carlos A. Galuan Taldonado
 Presidente

Javier A. Herrera Torres
 Secretario

Hipólito Carbasal Toran
 Vocal

ÍNDICE

Pág.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Formulación del Problema	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Objetivo	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Justificación	3
1.4.1 Justificación teórica	3
1.4.2 Justificación metodológica	4
1.4.3 Justificación práctica	5
1.4.4 Justificación tecnológica	5
1.4.5 Justificación social	6

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes	7
2.1.1 Trabajo de investigación	7
2.1.2 Proyecto de investigación	8
2.2 Bases Teóricas	9
2.2.1 Crianza de pollos en galpones	9
2.2.2 Descripción del proceso de crianza de pollos	11
2.2.3 Materiales y equipos de crianza	13
2.2.4 Ventilación para crianza	18
2.2.5 Carga térmica	19
2.2.6 Control de temperatura por flujo de aire	20

2.2.7	Microcontrolador PIC18F2550	23
2.2.8	Reloj de tiempo real	45
2.2.9	Sensores	45
2.2.10	Sistema de control	47
2.2.11	Las comunicaciones	56
2.2.12	Reloj en tiempo real ds1307	57
2.2.13	Humedad relativa	62
2.2.14	Temperatura	63
2.2.15	Morbilidad del pollo	63
2.2.16	Retardo de crecimiento del pollo	64
2.3	Hipótesis.....	64
2.3.1	Hipótesis general	64
2.3.2	Hipótesis específicas.....	64
2.4	Variables de Estudio	65
2.4.1	Variable independiente	65
2.4.2	Variable dependiente	65
2.5	Definición Operativa de Variables e Indicadores	65

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Ámbito de Estudio	66
3.1.1	Geográficamente	66
3.1.2	Límites.....	66
3.1.3	Galpón artesanal de la "AAPP"-Palca.....	66
3.2	Tipo de Investigación.....	67
3.3	Nivel de Investigación.....	67
3.4	Método de Investigación.....	67
3.5	Diseño de Investigación	67
3.6	Población, Muestra y Muestreo.....	68
3.7	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	68
3.8	Procedimiento de Recolección de Datos.....	70

3.9 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	71
--	----

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Presentación de Resultados.....	72
4.1.1. Diseño e implementación.....	72
4.1.2. Sistema de control de temperatura y humedad relativa.....	75
4.1.3. Diseño.....	76
4.1.3.1 El sensor de temperatura y humedad relativa.....	76
4.1.3.2 Controlador.....	76
4.1.3.3 Actuadores.....	77
4.1.4 Hardware de control.....	79
4.1.5 Desarrollo del software.....	82
4.1.6 Programa de control.....	87
4.1.7 Resultado de mediciones de temperatura y humedad relativa.....	89
4.1.8 Análisis de la morbilidad.....	96
4.1.9 Análisis de crecimiento.....	97
4.2 Discusión.....	99
4.2.1 Prueba de hipótesis estadística.....	100
4.2.1.1 Prueba de hipótesis para la variable porcentaje de morbilidad de pollos.....	100
4.2.1.2 Prueba de hipótesis para la variable porcentaje de retardo de crecimiento de pollos.....	104
Conclusiones.....	109
Recomendaciones	110
Referencias Bibliográficas.....	111
Artículo Científico.....	112
Anexos.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1.1 Requerimiento de la temperatura y humedad en el proceso de la crianza.....	1
Tabla 1.2 Morbilidad de pollos criollos noviembre y diciembre 2011.....	2
Tabla 2.1 Temperatura de climas y numero de aves	9
Tabla 2.2 Tasa de ventilación	20
Tabla 2.3 Unidades funcionales del PIC18F2550	36
Tabla 2.4 Puertos de E/S del PIC18F2550	36
Tabla 2.5 Características del reloj DS1307	45
Tabla 2.6 Registro de control del DS1307.....	62
Tabla 2.7 Variable dependiente e independiente	65
Tabla 4.1 Características del ventilador.....	78
Tabla 4.2 Calefactor a gas	79
Tabla 4.3 Requerimiento de la temperatura y humedad en el proceso de la crianza ...	83
Tabla 4.4 Promedio de mediciones de temperatura primera semana del 23/09/2013 al 30/09/2013	90
Tabla 4.5 Promedio de mediciones de temperatura segunda semana del 01/10/2013 al 07/10/2013	90
Tabla 4.6 Promedio de mediciones de temperatura tercera semana del 08/10/2013 al 14/10/2013.....	91
Tabla 4.7 Promedio de mediciones de la temperatura cuarta semana del 15/10/2013 al 21/10/2013	92
Tabla 4.8 Medición de la humedad relativa primera semana del 23/09/2013 al 30/09/2013	93
Tabla 4.9 Medición de la humedad relativa segunda semana del 01/10/2013 al 07/10/2013	93
Tabla 4.10 Medición de la humedad relativa tercera semana del 08/10/2013 al 14/10/2013	94

Tabla 4.11 Medición de la humedad relativa cuarta semana del 15/10/2013 al 21/10/2013	95
Tabla 4.12 Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón con climatizador (Grupo Experimental)	96
Tabla 4.13 Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón sin climatizador (Grupo Control)	96
Tabla 4.14 Registro peso de pollitos por semana en galpón "A" con controlador	98
Tabla 4.15 Registro peso de pollitos por semana en galpón "B" sin controlador	98
Tabla 4.16 Sistema de hipótesis del proyecto de investigación	100
Tabla 4.17 Variables a utilizar en la prueba de hipótesis	101
Tabla 4.18 Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón sin climatizador (Grupo Control)	101
Tabla 4.19 Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón con climatizador (Grupo Experimental)	102
Tabla 4.20 Resultados del procesamiento con SPSS 20.0 para la morbilidad	102
Tabla 4.21 Descripción de las variables de la hipótesis para la variable retardo de crecimiento de pollos	104
Tabla 4.22 Peso promedio óptimo recomendada de aves	105
Tabla 4.23 Porcentaje de retardo de crecimiento de pollos en el galpón sin climatizador (Grupo Control)	106
Tabla 4.24 Porcentaje de retardo de crecimiento pollos en el galpón con climatizador (Grupo Experimental)	106
Tabla 4.25 Resultados del procesamiento con SPSS 20.0 del retardo de crecimiento ..	106

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Tipos de techos	10
Figura 2.2 Adecuada crianza	14
Figura 2.3 Bebedero automático y manual	15
Figura 2.4 Comedero de pollos de 1 día	15
Figura 2.5 Comederos automáticos (plástico-aluminio)	16
Figura 2.6 Termómetro colocado en un galpón	16
Figura 2.7 Cama de viruta	17
Figura 2.8 Cama de papel	17
Figura 2.9. Aire estático dentro del galpón	21
Figura 2.10 Calentamiento del aire del galpón.....	21
Figura 2.11 Enfriamiento del aire del galpón	22
Figura 2.12 Enfriamiento por riego	23
Figura 2.13 Configuración de pines del microcontrolador PIC18F2550	24
Figura 2.14 Arquitectura del microcontrolador PIC18F2550	26
Figura 2.15 Memoria de programa del microcontrolador PIC18F2550	27
Figura 2.16 Memoria de datos del microcontrolador PIC18F2550	29
Figura 2.17 Registros de función especial de la memoria de datos	31
Figura 2.18 Fuentes de interrupciones del CCS para el PIC18F2550	33
Figura 2.19 Los escaladores del USB, nos permite múltiples configuraciones	35
Figura: 2.20 Opciones de CCS para los temporizadores	37
Figura 2.21 Opciones de CCS para la comunicación serie RS232	38
Figura 2.22 Opciones de CCS para el módulo CCP	39
Figura 2.23 Pines del PIC18F2550 que intervienen en la comunicación USB	42
Figura 2.24 Diferentes opciones a nivel conexionado del USB con el exterior	43
Figura 2.25 Sensor de temperatura y humedad relativa SHT11	47
Figura. 2.26 Diagrama de conexión del SHT11	47
Figura 2.27 Sistema de control del intercambiador de calor	49
Figura 2.28 Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto	51
Figura 2.29 Diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado	52

Figura 2.30 Modelo estructural de un sistema automatizado52

Figura 2.31 Clasificación tecnológica53

Figura 2.32 Conexión típica a un procesador 58

Figura 2.33 Diagrama de bloques del ds130759

Figura 2.34 Mapa de direcciones para registros y RAM del DS130761

Figura 3.1 Termo-Higrómetro modelo #91000-006/A70

Figura 4.1 Diagrama de bloques general del sistema diseñado73

Figura 4.2 Diagrama esquemático del climatizador automático74

Figura 4.3 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado75

Figura 4.4 Diagrama del circuito electrónico de la etapa de potencia.80

Figura 4.5 Esquema electrónico completo del climatizador automático 81

Figura 4.6 Diagrama de flujo para el control de la temperatura85

Figura 4.7 Diagrama de flujo para el control de la humedad relativa86

Figura 4.8 Panel frontal de control y monitoreo del climatizador automatico88

Figura 4.09 Representación gráfica de % de morbilidad de pollos por semana97

Figura 4.10 Representación gráfica de peso promedio unitario de pollos
con y sin climatizador de pollos por semana99

Figura 4.11 Prueba t-student para morbilidad103

Figura 4.12 Prueba t-student para crecimiento..... 108

RESUMEN

La investigación titulada **“Control de temperatura y humedad de un climatizador automático para la reducción de la morbilidad y retardo de crecimiento de pollos”**; surge a razón de que en la crianza avícola existen diferentes factores que influyen en el desarrollo y crecimiento de pollos que si estas no son controlados ocasionan la morbilidad y el retardo en su crecimiento razón por el cual se dio origen a la investigación con el propósito de lograr el control de temperatura y humedad de un climatizador automático que reduce la morbilidad y retardo de crecimiento de pollos en el galpón avícola de la “Asociación Agropecuaria Palca-Perú”.

Se realizó el diseño de un climatizador automático para el control de las variables de temperatura y humedad relativa del ambiente del galpón avícola, cuyas fases fueron: determinar el algoritmo de control del climatizador automático para controlar las variables del galpón avícola y determinar la reducción periódica de la morbilidad y retardo de crecimiento de pollos en el galpón avícola en seguida se realizó la programación e implementación respectiva para su aplicación y comprobación.

Para ejecutar el presente proyecto se utilizó el diseño experimental estos diseños llegan a incluir una o más variables independientes y uno o más dependientes. En realidad en nuestro diseño, se trata de comparar dos grupos el grupo control y el grupo experimental donde sólo tenemos O2 Pos test, es decir, nos falta O1 o pretest para este tipo de diseño los sujetos están asignados aleatoriamente a ambos grupos.

Se logró comprobar la hipótesis con una confianza del 95%, que el control de temperatura y humedad en un climatizador automático (grupo experimental) reduce la morbilidad en un porcentaje menor o igual al 50% y el retardo de crecimiento de pollos en un porcentaje menor o igual al 20% con respecto al (grupo de control).

Los investigadores.

INTRODUCCIÓN

Las observaciones realizadas en las visitas del tipo de manejo que realiza en la crianza de pollos en el galpón avícola de la "Asociación Agropecuaria Palca-Perú", permitieron identificar como problema el control de las variables principalmente de la temperatura y la humedad relativa, debido fundamentalmente a la falta de algún dispositivo que pueda medir el valor de cada variable en tiempo real y de manera permanente, no pudiéndose monitorear el comportamiento de acuerdo a las condiciones ambientales que requiere las aves en sus diferentes etapas de crecimiento y desarrollo. Ante esta situación se planteó como alternativa de solución el diseño e implementación de un climatizador automático.

El propósito de la investigación fue diseñar un climatizador automático para el control de las variables de temperatura y la humedad relativa en el ambiente del galpón avícola para la crianza de pollos.

En la investigación se ha seguido el curso de las etapas y pasos señalados para toda investigación, en ese sentido el trabajo se desarrolló bajo los métodos propios de la investigación científica; Observación, analítico-sintético, deductivo inductivo y experimental; Con el resultado esperado de que se logró la reducción de la morbilidad y el retardo de crecimiento de pollos en el galpón avícola. El presente informe del trabajo de tesis está organizado de la siguiente manera:

Capítulo I: Con el título general de planteamiento del estudio, se desarrollan los temas relacionados a la identificación del problema, formulación del problema, objetivos de la investigación y justificación del estudio.

Capítulo II: Abarca el marco teórico conceptual, y con ello los antecedentes, bases teóricas, planteamiento de la hipótesis y las variables de estudio.

Capítulo III: Comprende la metodología de la investigación, población, muestra y muestreo, técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como el procedimiento de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Capítulo IV: Está referido a la presentación de resultados y la discusión de los mismos.

También contienen las conclusiones y recomendaciones a las que arribamos después de concluido el proceso de investigación. Finalmente se consignan las referencias bibliográficas y los anexos.

Aprovechamos la oportunidad, para agradecer a todas aquellas personas e instituciones que de alguna manera colaboraron para la realización de la investigación.

Los investigadores

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.5 Planteamiento del Problema

Las aves durante las diferentes etapas de su crecimiento y desarrollo, necesitan diferentes rangos de temperatura y humedad relativa para asegurar su existencia y consecuentemente la productividad avícola; al respecto según la tabla 1.1 se evidencia que las aves requieren durante su vida las siguientes condiciones ambientales:

Tabla 1.1 Requerimiento de la temperatura y humedad en el proceso de la crianza.

EDAD – DÍAS DE POLLOS	HUMEDAD RELATIVA	TEMPERATURA °C.
0-7	30-50%	31-34
8-14	40-60%	27-30
15-21	50-60%	23-26
22-28	50-65%	19-22
29-35	50-70%	15-18
36-42	50-70%	12-16
43-49	50-70%	12-16
50-57	50-70%	12-16

Fuente: Guía de manejo de pollos Cobb-Vantress Brasil, Ltda.

En tal sentido, tomando en consideración los datos señalados para el proceso productivo avícola, se ha podido observar que en el galpón de pollos de la Asociación Agropecuaria Palca -Perú "AAPP"; la producción de ésta, es artesanal en todos sus procesos (alimentación, climatización, seguimiento de crecimiento y salubridad animal), los cuales dificultan el normal desarrollo productivo, al respecto y en forma particular se ha evidenciado que existe pérdidas por morbilidad de hasta el 30% de morbilidad de pollitos criollos entre las edades de 2 a 10 días de nacido durante las 02 primeras semanas de vida y retardo en su crecimiento extendiéndose en un periodo extra de hasta el 25 % de los días programados; todo a consecuencia del friaje y

cambios bruscos de temperatura y humedad en el interior del galpón avícola por no poseer un medio adecuado que asegure el clima propicio para la sobrevivencia y crecimiento de pollitos, ya que en el distrito de Palca - Huancavelica, la temperatura oscilan entre los -10 a 20°C y tiene durante el año precipitaciones atmosféricas de unos 850 mm/m²/año y clima templado a frío (Fuente: SENAMHI 2010).

Tabla 1.2 Morbilidad de pollos criollos noviembre y diciembre 2011.

DÍA	MORBILIDAD
1	0
2	3
3	4
4	0
5	2
6	1
7	2
8	3
9	1
10	0
11	0
12	0
13	2
14	2
15	3
16	1
17	1
18	4
19	0
20	0
21	0
22	0
23	2
24	1
25	0
26	1
27	0
28	1
29	0
30	1

Fuente: Registro de morbilidad de pollos criollos de la "Asociación Agropecuaria Palca - Perú".

Teniendo el registro de morbilidad de pollos tomados del 08/11/2011 al 07/12/2011 según la Tabla 1.2 por la Asociación Agropecuario Palca-Perú y existiendo la necesidad de continuar en la mejora de la actividad productiva e incremento del número de aves y galpones por parte de la "AAPP", el presente proyecto de investigación busca automatizar el clima del galpón avícola a partir del diseño y

construcción de un climatizador para mejorar la subsistencia y el crecimiento de pollitos con la cual aprovechar y aplicar la tecnología de la electrónica en la crianza de aves en esta zona del país.

1.6 Formulación del Problema

1.6.1 Problema general

¿En qué porcentaje se reduce la morbilidad y el retardo de crecimiento de pollos mediante el control de temperatura y humedad en un climatizador automático?

1.6.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será el porcentaje de reducción de la morbilidad en el galpón de pollos por semana?
- ¿Cuál será el porcentaje de reducción del retardo de crecimiento en el galpón de pollos por semana?

1.7 Objetivo

1.7.1 Objetivo general

Reducir la morbilidad y el retardo de crecimiento de pollos mediante el control de temperatura y humedad en un climatizador automático.

1.7.2 Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de reducción de la morbilidad de pollos en el galpón de pollos por semana.
- Determinar el porcentaje de reducción del retardo de crecimiento en el galpón de pollos por semana.

1.8 Justificación

1.8.1 Justificación teórica

Los pollos en los primeros días y semanas de crecimiento necesitan mayor calor para su supervivencia y crecimiento, el mismo que va reduciendo en la medida que va aumentando la edad de los pollitos; por tanto, mediante un climatizador automático adaptado a un galpón avícola, se busca controlar la

13e

temperatura y humedad relativa de un galpón de aves a fin de asegurar la supervivencia y crecimiento de los pollos.

Actualmente se ha observado que los parámetros (temperatura, humedad) del galpón de aves del distrito de Palca, tienen un control manual y artesanal los cuales limitan a los criaderos de aves, ampliar la producción de pollos en grandes cantidades en esta zona geográfica del país ya que el clima del distrito de Palca durante el año es de templado moderado a frío extremo (-10 °C), generando ésta en los criadores pérdidas de carácter económico por la morbilidad que ocasionan la muerte de pollitos durante los primeros días de vida y el retardo de crecimiento de los mismos.

En tal sentido el presente trabajo investigación permitirá a mejorar la producción de los pollitos en galpones avícolas a partir del uso de la tecnología de la electrónica y la automatización de procesos; la precisión de respuesta del controlador electrónico depende de la calidad de muestreo de las señales de entrada procesadas por el CAD del PIC18F2550, esto con la finalidad de ajustar las variables controladas al nivel o condiciones de los rangos de tempera y humedad relativa que son propias del hábitat de los pollos en la zona geográfica del distrito de Palca. El resultado obtenido sobre la mejora de producción a partir de la manipulación de las condiciones ambientales y de hábitat de las aves, servirá en lo posterior como fuente de información válida para la formulación de proyectos productivos a nivel doméstico, comunal y empresarial ya sea en el sector público como el privado.

1.8.2 Justificación metodológica

Para controlar automáticamente las variables intervinientes del galpón avícola, se efectuará la adquisición de datos de la temperatura y humedad relativa del galpón avícola, para ello se ejecutará un algoritmo de adquisición de datos que cuantificará y codificará las señales analógicas de entrada; luego se realizará el procesamiento de datos a fin de obtener respuestas de control automático aplicados al galpón avícola de experimentación a fin de mejorar la producción de las aves reduciendo la morbilidad y optimizar su crecimiento. Los procedimientos involucrados durante la ejecución del proyecto serán: La

observación, con la cual se determina las características del lugar de estudio y de las técnicas a aplicarse en la construcción del climatizador automático; del mismo modo el análisis-síntesis con las cuales se calcula, diseña y construye el prototipo del circuito electrónico e interface. También la deducción-inducción para asimilar el funcionamiento de otros sistemas y aplicaciones de supervisión de variables en ambientes cerrados. La experimentación y prueba de error con las cuales se determinará el correcto funcionamiento del climatizador automático, considerando que todo prototipo electrónico e informático requiere de ajustes propios de diseño con las cuales mejorar su funcionamiento.

1.8.3 Justificación práctica

El presente estudio del climatizador automático, promoverá la implementación de galpones climatizados para mejorar la producción de los pollitos en el distrito de Palca y sectores urbano-rurales de la región de Huancavelica y otras regiones del país que tienen similares condiciones climatológicas. Al lograr la mejora de la producción de aves, también se mejorará los ingresos económicos de los productores y la calidad de vida de los mismos.

1.8.4 Justificación tecnológica

Actualmente las actividades en todo campo requiere optimización en la producción porque el mundo globalizado nos exige por lo tanto con la electrónica, la tecnología y equipos es posible realizar innovaciones nuevas para dar solución a diversos problemas en el campo de la educación, medicina, agricultura, manufactura, etc. Por lo tanto mediante la automatización de la temperatura y humedad del galpón de pollos vamos a tener la posibilidad de controlar estas variables de manera automática para mantener dentro de los parámetros requeridos.

El proceso de la automatización de control de temperatura y humedad podrá hacerse mediante microcontroladores a través de la plataforma Labview; siendo una alternativa tecnológica aplicable a solucionar a los cambios bruscos climatológicos.

No sucede lo mismo si lo hacemos en forma manual ya que los datos no serían tan confiables y se necesitaría de un operador dedicado a ejecutar el control de dichas variables.

1.8.5 Justificación social

Con la presente investigación se contribuye en el desarrollo de la producción de las personas y empresas dedicadas a la crianza de pollos, impulsa con gran impacto de la innovación y la modernización industrial. Nuestro proyecto consiste en implementar un climatizador automático con sistemas de control e informático para reducir la mortandad y crecimiento de pollos en el galpón avícola de esa manera incrementar la productividad, competitividad y calidad en las productores de esta zona del país y siendo un efecto multiplicador para otros productores y empresas dedicadas en la crianza de pollos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Como comentario es oportuno señalar que antes de la formulación del presente plan de investigación se ha buscado incesantemente trabajos similares sobre climatizadores automáticos para reducir la morbilidad y retardo de crecimiento de pollos en sector productivo del área rural para aplicaciones en galpones avícolas, al respecto no existe trabajo inédito sobre el tema propuesto, sin embargo no debemos excluir algunas propuestas de trabajos de investigación relacionados al manejo y aplicaciones de la electrónica en la crianza avícola.

A continuación presentamos información relacionada a los temas descritos previamente.

2.1.1 Trabajo de investigación

Egüez G, Vásquez J. Automatización del Galpón de Crianza Avícola A – 1 de Pollos Broilers del IASA Fase I: Diseño, Simulación y Construcción Prototipo. EPE/Dpto. de Eléctrica y Electrónica-Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control /Quito Ecuador– 2007.

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.

2.1.2 Proyecto de investigación

Ortiz H, Shirley P. Diseño e Implementación del Sistema Automático de Control de Temperatura y Concentración de Amoníaco para los Galpones de Crianza de Aves de la Fundación Avícola Agrobema. Facultad de Ingeniería Electrónica. Sede Sangolquí-2007.

La avicultura ha tenido un pobre desarrollo tecnológico, es por esta razón que se buscó un mecanismo de control que permita el mejoramiento en la crianza de aves utilizando para el efecto un presupuesto no muy elevado, partiendo de una apropiada manipulación de las variables más significativas dentro de este proceso, como son la temperatura cuyo manejo es vital para evitar altos índices de morbilidad y mejorar el peso final de las aves y los niveles de amoníaco que es responsable de varias enfermedades en la parvada y molestias en el personal de granja. Partiendo de lo anteriormente expuesto, la implementación del sistema resulta de gran importancia para el sector dedicado a la crianza de pollos, ya que de esta manera se conseguirá un ambiente controlado, el mismo que brindará las mejores condiciones a los galpones de crianza, optimizando así la producción y al presentar los resultados obtenidos con el mismo, se puede evidenciar que la implementación de un sistema tecnológico puede mejorar notablemente la producción y las condiciones de trabajo.

2.2 Bases Teóricas

En la crianza de pollos se busca obtener un mayor peso en las aves al menor costo posible. Dos de los principales factores que influyen directamente en el resultado de crecimiento de pollos son la temperatura y la calidad del aire en que estos se desarrollan teniendo en cuenta estos factores se pueden evitar las perdidas por morbilidad y a su vez aumentar la densidad de aves dentro del galpón, teniendo como resultado una operación más eficiente y por ende, más rentable para el propietario del negocio.

2.2.1 Crianza de pollos en galpones ¹

A continuación se incluyen puntos que deben tomarse en cuenta:

a) **Orientación:** En climas cálidos y medio, el galpón debe ser orientado de oriente a occidente, así el sol no llega al interior del alojamiento, lo cual conllevaría a una alta elevación de la temperatura; además, los pollos se corren hacia la sombra, produciendo morbilidades por amontonamiento. Sin embargo, si las corrientes de aire predominantes en la región son muy fuertes y fueran a cruzar directamente por el galpón se deben establecer barreras naturales para cortarlas (sembrar árboles) y al mismo tiempo proporcionar sombrío.

En la tabla 2.1 se puede ver el tipo de clima y número de aves por metro cuadrado que se recomienda.

Tabla 2.1 Temperatura de climas y número de aves²

CLIMA	TEMPERATURA	AVES/M ²
Medio	10-16	10
Cálido	25	8

FUENTE: http://www.inamhi.gov.ec/..eclimaticos_caracteristicas.htm

b) **Dimensiones:** Varían de acuerdo al número de aves que se pretendan alojar y a la topografía.

Por ejemplo, si se pretende construir un galpón para alojar 160 pollos en clima medio (160/10= 16 m²), se necesita un galpón de 16 metros

¹http://www.inta.gov.ar/saenzpe/info/documentos/extension/pollos_parrilleros.pdf

²http://www.inamhi.gov.ec/..eclimaticos_caracteristicas.htm

cuadrados, entonces las dimensiones de la construcción podrían ser de 4 m. de largo por 4 m. de ancho. La elección del terreno y los galpones deben encuadrarse dentro de las siguientes características:

- No anegadizo y de buen drenaje.
- Contar con agua potable.
- Estar aislado de otras granjas.
- De fácil acceso a rutas o caminos afirmados.
- De dimensiones tales que permitan una buena disposición de los galpones y futuras ampliaciones.

C) Techos: Este debe permitirnos una ventilación activa y que renueve permanentemente el Oxígeno. En la figura 2.1 se puede apreciar los tipos de techos

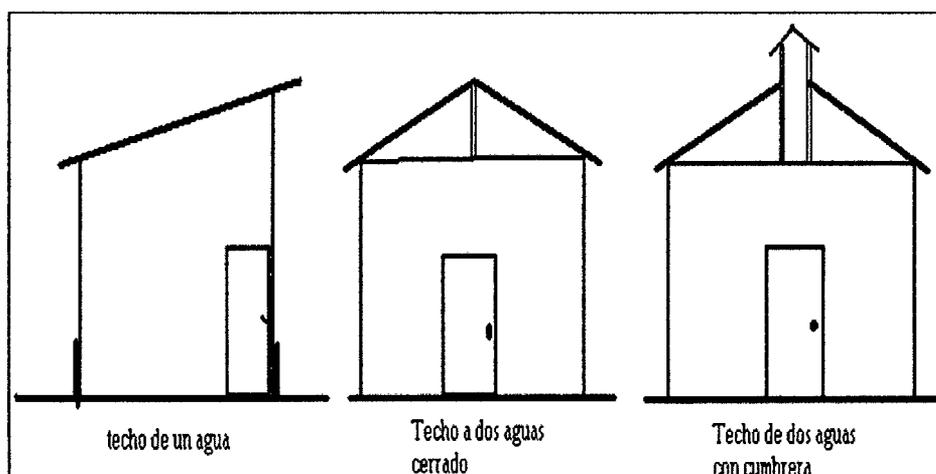


Figura2.1 Tipos de techos (Fuente: http://www.inamhi.gov.ec/eclimaticos_caracteristicas.htm)

- **Techo de un agua:** Es para una construcción de pequeña capacidad, no más de 6 m de luz, donde el lado de menor altura debe oponerse al viento dominante.
- **Techo de dos aguas cerradas:** Tiene el inconveniente de que no permite una buena ventilación superior, no es aconsejable en climas cálidos.
- **Techo de dos aguas simétricas con cumbre:** Se utiliza en construcciones de gran capacidad, es costoso pero de excelentes resultados.

Los materiales a utilizar van a variar de acuerdo al precio en el mercado, pero los más utilizados en la zona de intervención del proyecto es de calamina. Los de aluminio son mejores que los de zinc porque resisten más a la corrosión, son más livianos pero más costosas, ambos reflejan los rayos solares, lo que es una ventaja en verano, pero en invierno son fríos y condensan la humedad. Los de fibrocemento son durables e higiénicas y poseen propiedades aislantes que amortiguan las variaciones bruscas de temperatura, pero se rompen con el granizo. Los recomendados son de calamina que están de zinc aluminizados por su durabilidad y ventajas.

d) Tipos de pisos:

- **Tierra apisonada:** La construcción es muy económica, la tierra absorbe el estiércol que produce mal olor, tiene la desventaja de no poder desinfectarse bien a fondo.
- **Cemento alisado:** Es limpio, se puede desinfectar pero condensa la humedad y mantiene el frío.
- **Ladrillos con juntas de cemento:** Es el sugerido debido a que es de fácil higienización y es absorbente³

2.2.2 Descripción del proceso de crianza de pollos⁴

La crianza o engorde de pollos comprende todas las actividades que se llevan a cabo para obtener pollos listos para su venta al mercado para recría a partir de pollos de un día o pollitos BB como se conocen en avicultura. En las últimas décadas la avicultura ha tenido un desarrollo muy rápido basado fundamentalmente en el mejoramiento genético de las aves para obtener un mayor peso corporal en el menor tiempo posible. Este potencial genético para crecer rápidamente ha traído consigo una reducción de la resistencia de los pollos a otros factores tales como condiciones ambientales o agentes patógenos. Antes de la recepción de los pollos debe determinarse la cantidad de pollos por unidad de área que se manejará dependiendo fundamentalmente de las condiciones climáticas.

³http://www.inta.gov.ar/saenzpe/info/documentos/extension/pollos_parrilleros.pdf

⁴Cobb-Vantress Inc. *Guía de Manejo del Pollo de Engorde*

13e

El proceso de crianza comienza con la recepción de los pollos de un día en el galpón previamente preparado. Durante el crecimiento de los pollos se deben cuidar algunos puntos básicos cuyos parámetros de control varían de acuerdo a la edad, tales como: temperatura, humedad relativa, calidad del aire, iluminación, abastecimiento de agua, alimento y prevención de enfermedades.

Una vez concluido el proceso de crecimiento, el pollo está listo para su comercialización que comprende el retiro del pollo de la granja, proceso de faenamiento, empaque y venta.

Conversión alimenticia

La productividad de una granja de crianza de pollos se evalúa a través de varios parámetros uno de ellos es el peso promedio final obtenido por cada pollo. Más que un índice de productividad éste parámetro es un índice de producción ya que no tiene asociado el aprovechamiento de un recurso. Para obtener una conversión alimenticia baja es decir, eficiente, se deben conjugar varios factores fundamentales:

- Baja mortalidad.
- Alto peso y crecimiento adecuado de pollo.
- Bajo consumo de alimento balanceado.

La morbilidad es sin lugar a dudas el peor enemigo de la conversión alimenticia, puesto que cada pollo muerto implica menos cantidad de kilogramos producidos. A esto debe sumarse el hecho que el alimento consumido por los pollos que mueren durante el ciclo de producción si debe sumarse al final del lote para determinar la conversión alimenticia, de ahí que una alta morbilidad, con seguridad llevará el lote de producción a obtener una alta conversión alimenticia.

Cualquier cosa que el productor avícola pueda hacer por disminuir la morbilidad, mejorará su índice de conversión alimenticia y por ende, su beneficio económico.

Calidad del pollito

Las plantas de incubación tienen un tremendo impacto en el éxito de una producción intensiva de pollos de recría y engorde. Para los pollitos la transición desde la planta de incubación a la granja puede ser un proceso estresante, por lo tanto, los esfuerzos para minimizar el estrés son fundamentales para mantener una buena calidad de pollito.

Características de una buena calidad del pollo:

Bien seco y de plumón largo.

Ojos grandes, brillantes y activos.

Pollitos activos y alertas.

Las patas deben ser brillantes a la vista y cerosas al tacto.

Los pollitos deben estar libres de malformaciones (patas torcidas, cuellos doblados o picos cruzados).⁵

2.2.3 Materiales y equipos de crianza⁶

Entre los más importantes están los siguientes:

a) **Criadora:** El pollo de engorde en sus primeros días es incapaz de regular su temperatura corporal, debido a su inmadurez cerebral. Por esto, es importante la utilización de fuente de calor externa: las criadoras estas pueden ser de gas, petróleo o eléctricas. Asegurando un ambiente favorable para que el pollo coma y que todo el alimento se transforme en carne y no se pierda en la producción de calor corporal.

Manejo de crianza

Los primeros 14 días de vida de un pollito crean la base para un buen desarrollo posterior. El esfuerzo extra que se haga en la fase de crianza será recompensado con el resultado final del lote.

El espacio recomendado es de acuerdo a la edad:

* 1ª. Semana: 100 pollitos por metro cuadrado.

* 2ª. Semana: 80 pollitos por metro cuadrado.

⁵Cobb-Vantress Inc. *Guía de Manejo del Pollo de Engorde*

⁶Cobb-Vantress Inc. *Guía de Manejo del Pollo de Engorde*

128

* 3ª. Semana: 60 pollitos por metro cuadrado.

Hay que verificar el estado de los pollitos dos horas después de su llegada y asegurarse de que estén cómodos. En la figura 2.2 se presenta el estado adecuado y no adecuado en la crianza de pollos.

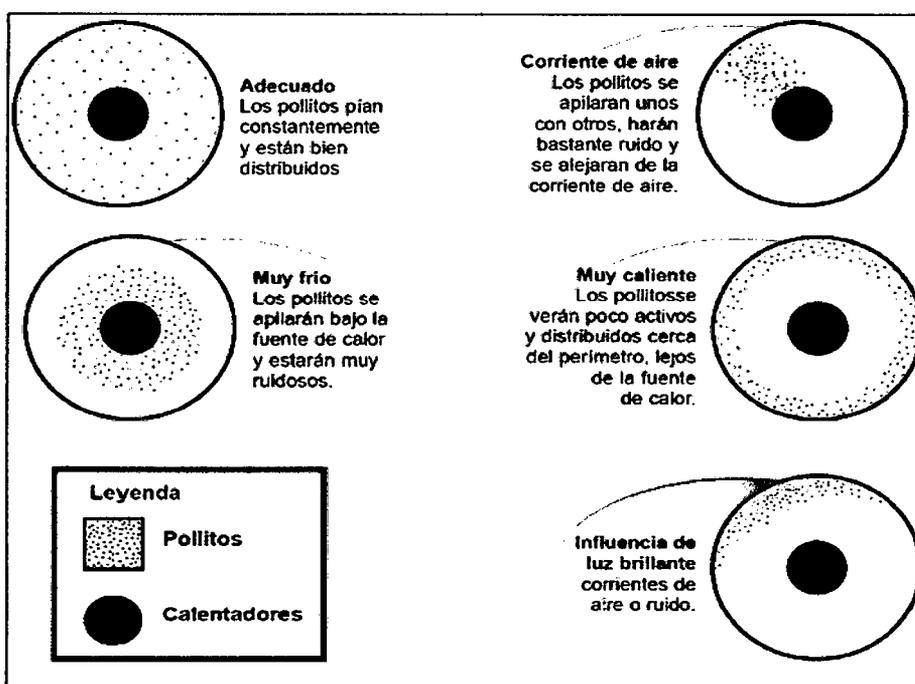


Figura 2.2 Adecuada crianza de pollos. (Fuente: Renteria O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

b) Bebederos⁷

Bebederos manuales: Son inapropiados para las grandes avícolas, porque hay que estar pendiente de llenarlos a cada momento para que el pollo no tenga sed. Otro inconveniente que se presenta es el encharcamiento de las camas, cuando estos quedan mal tapados o mal acomodados. En sitios donde todavía existen se utilizan durante los 7 a 15 primeros días. Se ubica uno por cada 50 pollos.

Bebederos automáticos: Se utiliza 1 bebedero automático por cada 80 pollos. Existen 2 variedades: de válvula y de pistola, el operario encargado no

⁷ MANUAL PRÁCTICO DEL POLLO DE ENGORDE Oscar RenteriaMaglioni

tiene que entrar tanto al galpón, ya que esto produce estrés en los pollos. Además, los animales contarán siempre con agua fresca y disponible. Se utilizan a partir de la segunda semana de vida del pollo. En la figura 2.3 se indican un bebedero manual y uno automático.

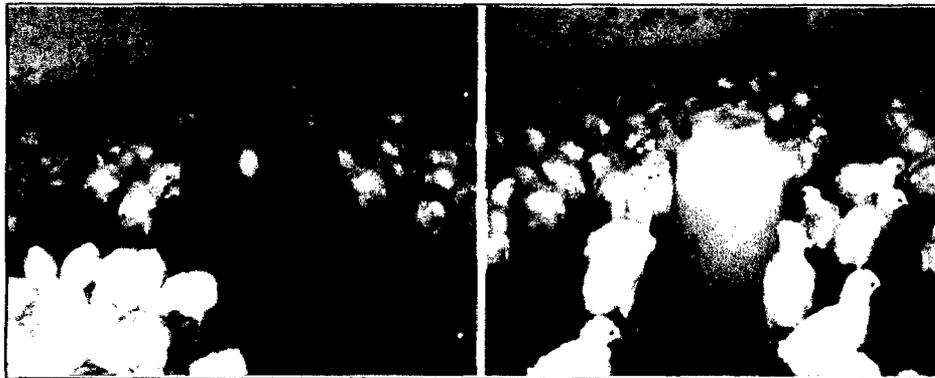


Figura 2.3 Bebedero automático y manual. (Fuente: Rentería O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

c) Bandejas de recibimiento: Son comederos que se pueden realizar con las cajas en las que vienen los pollitos de la incubadora o existen unas comerciales que venden para dicha etapa “comedero bebe”, se utiliza 1 por cada 100 pollitos. Son de fácil acceso y no permiten desperdicio y se cambian a la siguiente semana por los comederos para pollo de engorde o tubulares. En la figura 2.4 se presenta los comederos para pollos de 1 día.

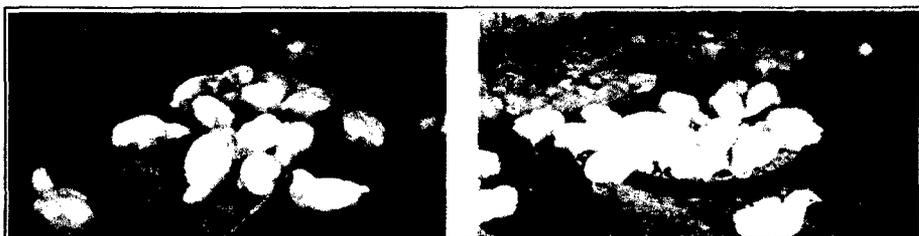


Figura 2.4 Comedero de pollos de 1 día. (Fuente: Rentería O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

d) Comederos tubulares: Se encuentran en plástico y aluminio, su capacidad va de 10 a 12Kg, se recomienda que se utilicen a partir de la segunda semana, en clima caliente para 35 aves y en frío para 40. En la figura 2.5 se presentan los tipos de comederos tubulares.

128



Figura 2.5 Comederos automáticos (plástico-aluminio). (Fuente: Rentería O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

e) El Termómetro: Es importante en las primeras semanas para controlar la temperatura. Debe colocarse en el centro del galpón a unos 60 cm. del suelo. Se debe llevar en lo posible un registro escrito de estos datos. En la figura 2.6 presenta un termómetro utilizado en los galpones.

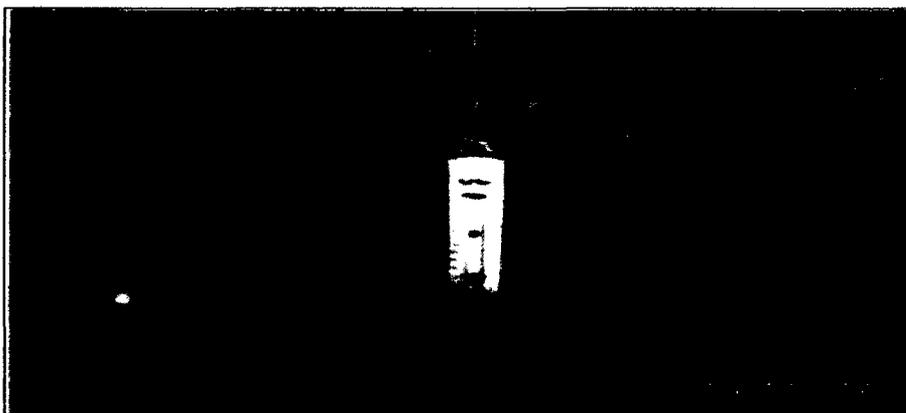


Figura 2.6 Termómetro colocado en un galpón. (Fuente: Rentería O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

f) La Cama: Es generalmente de 8 a 10 cm de altura no se debe permitir que se moje. Se debe buscar un material de fácil manejo y adquisición, preferible utilizar cepilladura de madera o cisco. También pueden ser de aserrín, cascarilla de arroz o café, pero son materiales muy pequeños pudiendo haber consumo por parte de los pollos, traduciéndose en una disminución en consumo/ave/día del concentrado.

g) El Redondel: Como su nombre lo indica es un círculo en lámina de zinc lisa, o cartón plats de 50 cm de altura. Se utiliza durante la primera semana de vida dentro del galpón. El fin de esta práctica es para contener el calor que produce la criadora, para que no se aparten los pollitos demasiado, coman y se vacunen con mayor facilidad. En un diámetro de 3 metros se pueden manejar 400 pollos. En la figura 2.7 indica la cama con viruta y la figura 2.8 indica la cama con papel.⁸

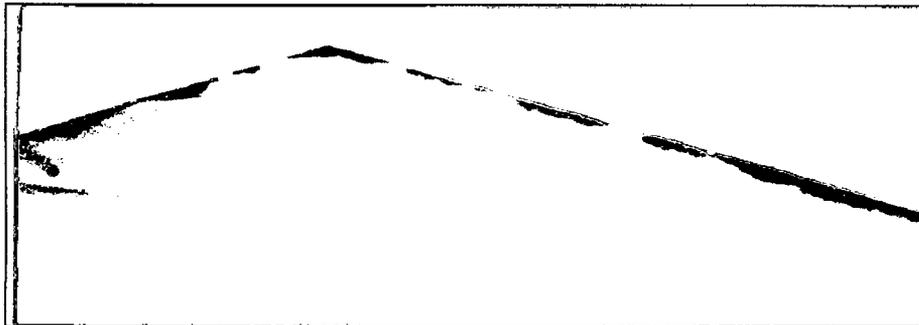


Figura 2.7 Cama de viruta. (Fuente: Renteria O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

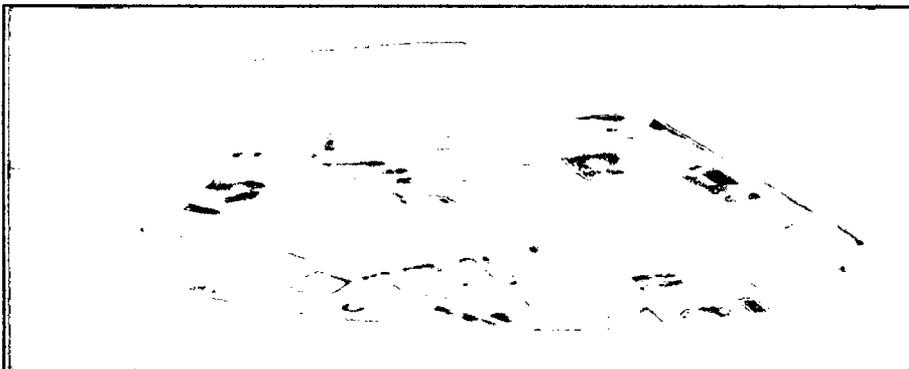


Figura 2.8 Cama de papel. (Fuente: Renteria O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

⁸ Manual práctico del pollo de engorde Oscar Renteria Maglioni

124

2.2.4 Ventilación para crianza⁹

La ventilación distribuye el aire caliente uniformemente en todo el galpón y mantiene una buena calidad de aire en el área de crianza. Los pollitos son más susceptibles a una mala calidad de aire que los pollos de más edad.

a) Calidad del aire

Los pollos durante su vida, consumen oxígeno y desechan gases. La combustión en calefactores para pollitos también contribuye a desechar gases en el galpón. El sistema de ventilación debe remover estos gases de desecho del galpón y alimentar aire fresco. Los principales contaminantes del aire dentro del galpón son el polvo, amoníaco, dióxido de carbono, monóxido de carbono y exceso de vapor de agua. En exceso, estos contaminantes producen daños en el tracto respiratorio, reducción de la eficiencia de la respiración y finalmente reducción en el rendimiento del pollo (menor peso y alto consumo de alimento y otros recursos). Se define como tasa de ventilación el caudal de aire movido por unidad de tiempo.

b) Ventilación mínima

La ventilación mínima adecuada se puede conseguir teniendo la cantidad correcta de ventiladores funcionando durante un periodo de tiempo apropiado. La cantidad de aire a renovar se verá determinada por la biomasa de la nave (la cantidad de aves alojadas multiplicada por el peso medio) y la temperatura real necesaria para las aves de esa edad.

La cantidad de ventiladores en uso en un momento dado se verá determinada por la capacidad de cada ventilador, pero el periodo de tiempo que necesiten estar funcionando puede calcularse. El ejemplo siguiente muestra el proceso para calcular los índices de ventilación correctos tomando como base un lote de 400 pollitos de un día de 42 gramos y una capacidad de ventilación equivalente a 4.000 m³/hora y usando la ecuación 2.1.

Ventilación mínima= ventilación (según el peso (kg)) x N° de pollos... (Ec2.1)

El valor de 0.074 m³/hora se obtiene del ANEXO A

⁹ Facultad de Ingeniería de la Ciencia y la Educación, Guillermo KainGuedes

105

Ventilación mínima = 0,074m³/horax4.000

Ventilación mínima = 296[°]m³/hora.

El aire total mínimo necesario debe ser multiplicando por el número de pollos

2.2.5 Carga térmica¹⁰

Un método para el cálculo de las necesidades de calefacción contempla la existencia de dos cargas térmicas, la carga térmica por transmisión de calor a través de los cerramientos hacia los locales no climatizados o el exterior y la carga térmica por enfriamiento de los locales por la ventilación e infiltración de aire exterior en los mismos.

a) Coeficiente global de transferencia de calor El diseñador puede calcular la resistencia térmica global de cada parte de una construcción por la que pasa el calor, pero existen cálculos ya hechos para muchas combinaciones diferentes de materiales de construcción, la mayor parte de las tablas no presentan los resultados como resistencia global sino como conductancia general a la que se la llama coeficiente global de transferencia de calor (U) y sus unidades BTU/h-ft²-°F La relación entre Ro y U=1/Ro.

En términos de U, la transferencia de calor está indicada en la ecuación 2.2

$$Q = U \times A \times DT \dots\dots\dots (Ec 2.2)$$

Dónde:

Q= velocidad de transferencia de calor, BTU/h.

U= coeficiente global de transferencia de calor, BTU/h-ft²-°F.

A = área a través de la cual pasa el calor, ft cuadrados.

DT = diferencia de temperatura F.

b) Pérdidas de calor por infiltración Además del calor necesario para compensar las pérdidas de calor en el invierno también se necesita calor para compensar los efectos de cualquier aire frío que pueda entrar en una construcción.

¹⁰ <http://www.monografias.com/trabajos4/cargasterm/cargastem.shtml>

128

La infiltración ocurre cuando el aire del exterior entra a través de aberturas en la construcción debido a la presión del viento. Las aberturas que más importan son las fisuras alrededor de los marcos de ventanas y puertas abiertas. El aire infiltrado que entra a un recinto en invierno hace descender la temperatura del aire interno. Por lo tanto, se debe suministrar calor al sitio para mantener su temperatura de diseño.

La ecuación 2.3 presenta la cantidad de aire de infiltración.

$$Q_s = 1.1 \times CFM \times CT \dots\dots\dots (Ec2.3)$$

Donde:

Q_s = calor sensible necesario para el aire de infiltración BTU/h.

CFM=velocidad de infiltración del aire ft/min.

CT=cambio de temperatura entre el aire interior y exterior.

Las tasas máximas de recomendadas de infiltración para diseño a través de ventanas y puertas exteriores se ven en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Tasa de ventilación.

COMPONENTES	TASA DE VENTILACIÓN
Ventanas	0.75 CFM de fisura
Puertas	1.0 CFM de fisura

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos4/cargastem/cargastem.shtml>

2.2.6 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 2.9 del corte transversal del galpón.

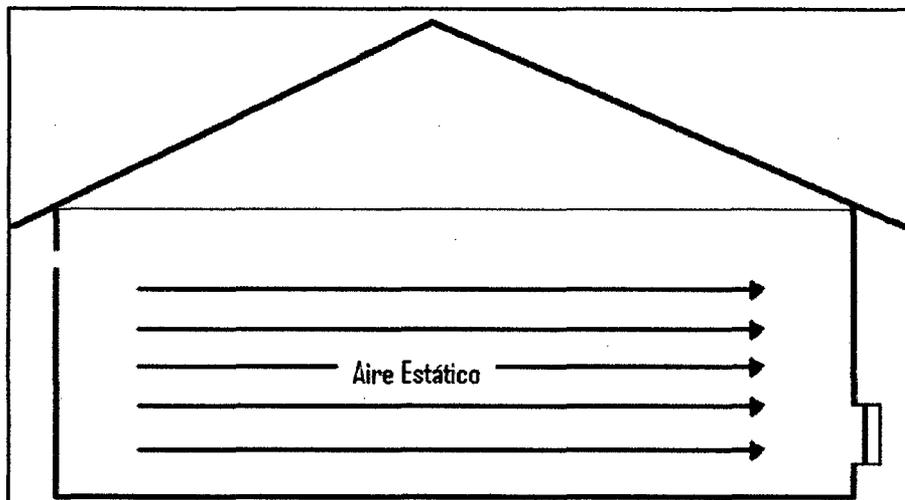


Figura 2.9. Aire estático dentro del galpón. (Fuente: Renteria O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

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 2.10

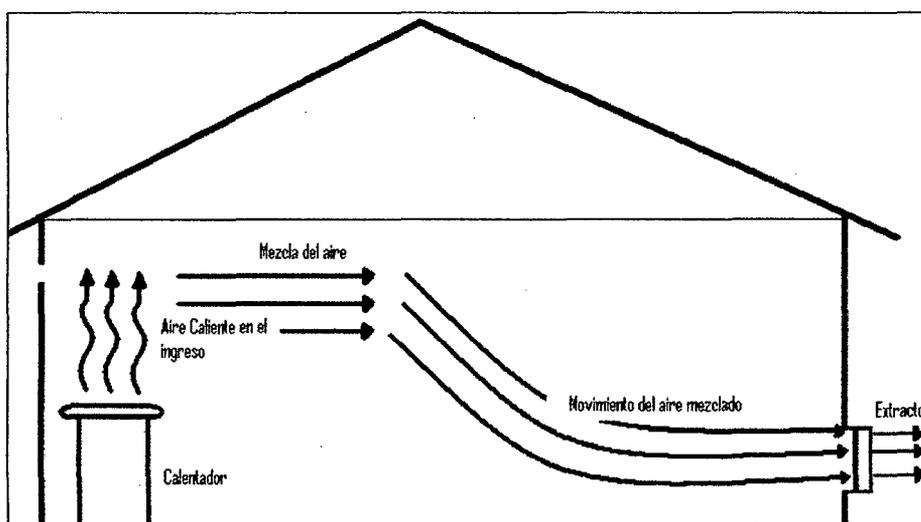


Figura 2.10 Calentamiento del aire del galpón. (Fuente: Renteria O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

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 2.11 se muestra la forma de bajar la temperatura interna.

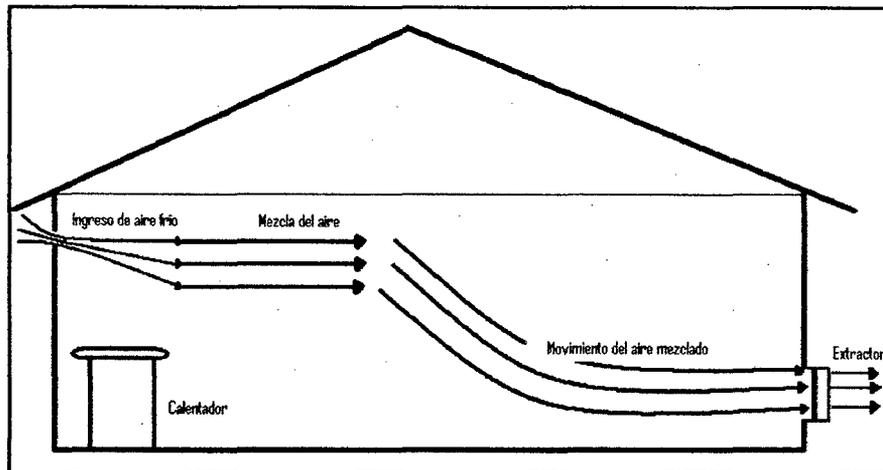


Figura 2.11 Enfriamiento del aire del galpón. (Fuente: Rentería O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

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 2.12 se muestra el sistema de enfriamiento por riego.

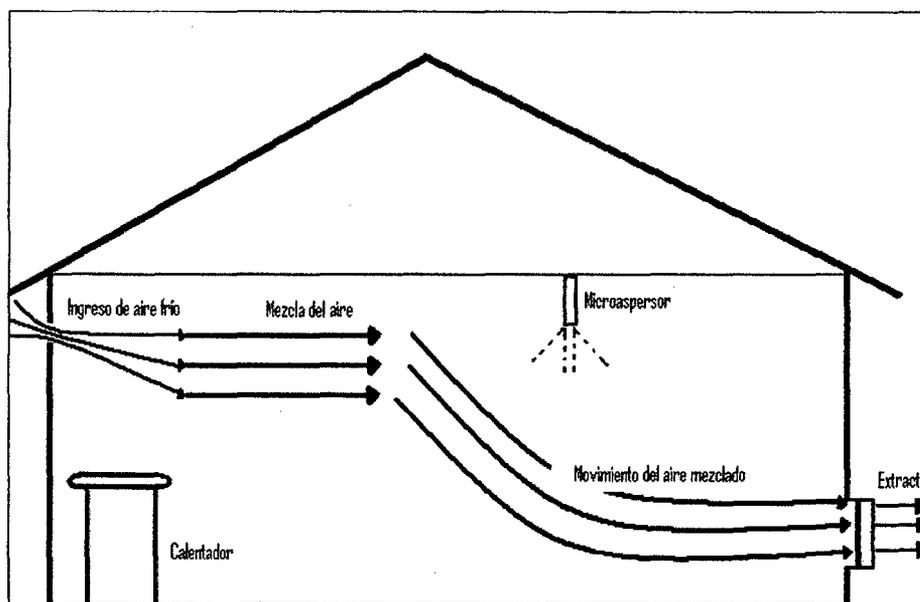


Figura 2.12 Enfriamiento por riego. (Fuente: Renteria O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca.)

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

2.2.7 Microcontrolador PIC18F2550 [2]

Introducción

En los últimos años, Microchip ha lanzado varias gamas de PIC con elevadas prestaciones, los PIC18, los PIC24 y los ds PIC. Con la gama alta, Microchip mantiene la arquitectura básica que tan buenos resultados ha obtenido con la gama baja y media, además; reduce las limitaciones de estas dos últimas. Los PIC18 tienen una arquitectura RISC avanzada Harvard con 16 bits de bus de programa y 8 bits de bus de datos.

Principales Características

- Arquitectura RISC avanzada, hardware de 16 bits con 8 bits de datos.
- Memoria de programa de 64KB y 77 instrucciones.
- Multiplicador Hardware 8x8.
- Hasta 3968 bytes de RAM y 1KB de EEPROM.
- Frecuencia máxima de reloj 48 MHz.
- Pila de 32 niveles.

- Múltiples fuentes de interrupción.
- Periférico de comunicación avanzada CAN.
- Periférico de comunicación serial USB y EUSART
- Temporizadores: TMR0, TMR1, TMR2 y TMR3.
- Módulos Captura/Comparación/PWM (CCP).
- Módulo mejorado de CAPTURA/COMPARACIÓN/PWM (ECCP).
- Módulo convertidor de 10-bit analógico digital (A/D).

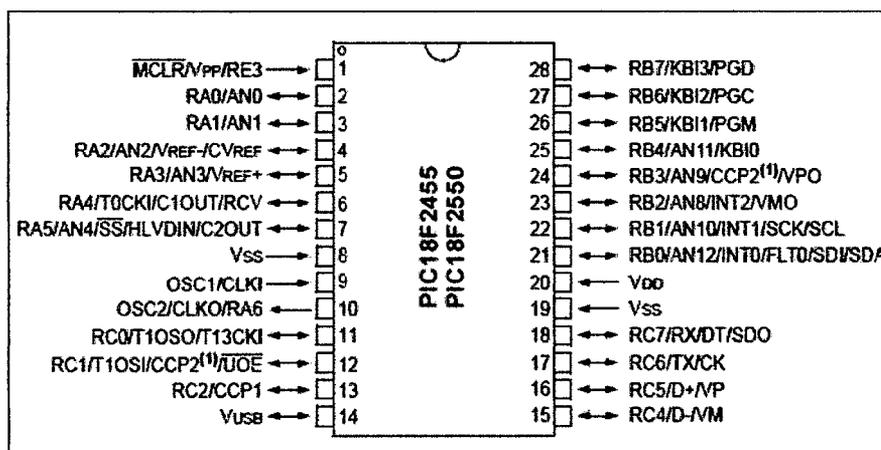


Figura 2.13 Configuración de pines del microcontrolador PIC18F2550. (Fuente: Compilador C CSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.)

Organización de la Memoria

El PIC18F2550 dispone de las siguientes memorias:

- Memoria de programa: Memoria FLASH interna de 32.768 bytes:
 - Almacena instrucciones y constantes/datos.
 - Puede ser escrita/leída mediante un programador externo o durante la ejecución del programa mediante unos punteros.
- Memoria RAM de datos: Memoria SRAM interna de 1.536 bytes en la que están incluidos los registros de función especial:
 - Almacena datos de forma temporal durante la ejecución del programa. Puede ser escrita/leída en tiempo de ejecución mediante diversas instrucciones.
- Memoria EEPROM de datos: Memoria no volátil de 256 bytes.

- Almacena datos que se deben conservar aun en ausencia de tensión de alimentación.
- Puede ser escrita/leída en tiempo de ejecución a través de registros.
- Pila: Bloque de 31 palabras de 21 bits.
 - Almacena la dirección de la instrucción que debe ser ejecutada después de una interrupción o subrutina.
- Memoria de configuración: Memoria en la que se incluyen los bits de configuración (12 bytes de memoria flash) y los registros de identificación (2 bytes de memoria de sólo lectura).

Arquitectura

En la figura 2.14 se muestra la arquitectura del microcontrolador PIC18F2550, el cual dispone de buses diferentes para el acceso a la memoria de programa y a la memoria de datos (arquitectura Harvard):

- Bus de la memoria de programa: 21 líneas de dirección y 16/8 líneas de datos (16 líneas para instrucciones / 8 líneas para datos).
- Bus de la memoria de datos: 12 líneas de dirección y 8 líneas de datos.

Esto permite acceder simultáneamente a la memoria de programa y a la memoria de datos. Es decir, se puede ejecutar una instrucción (lo que por lo general requiere acceso a la memoria de datos) mientras se lee de la memoria de programa la siguiente instrucción (proceso pipeline).

Memoria de Programa

El PIC18F2550 dispone de una memoria de programa de 32.768 bytes (7FFFH - 0000H), como se observa en figura 2.15.

Las instrucciones ocupan 2 bytes (excepto las instrucciones CALL, MOVFF, GOTO y LSFR que ocupan 4). Por lo tanto, la memoria de programa puede almacenar hasta 16.384 instrucciones.

Primero se almacena la parte baja de la instrucción y luego la parte alta (para las instrucciones de 4 bytes primero los bytes menos significativos y luego los más significativos). Las instrucciones siempre empiezan en direcciones pares. La operación de lectura en la posición de memoria por encima de 7FFFH da '0' como resultado (equivalente a la instrucción NOP).

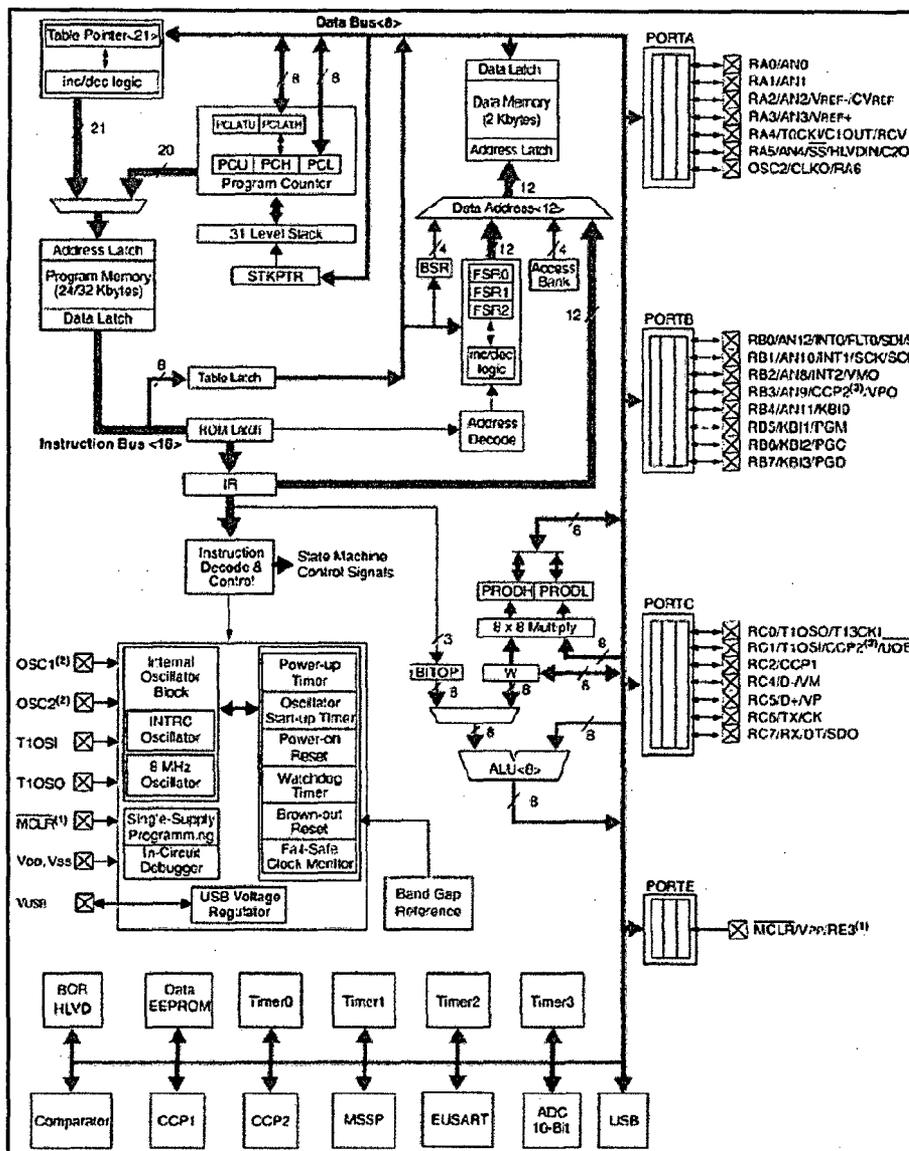


Figura 2.14 Arquitectura del microcontrolador PIC18F2550. (Fuente: Compilador C CSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.)

Direcciones especiales de la memoria de programa:

- Vectorización del Reset es 0000H.
- Vectorización de las interrupciones de alta prioridad es la 0008H.
- Vectorización de las interrupciones de baja prioridad es la 0018H.

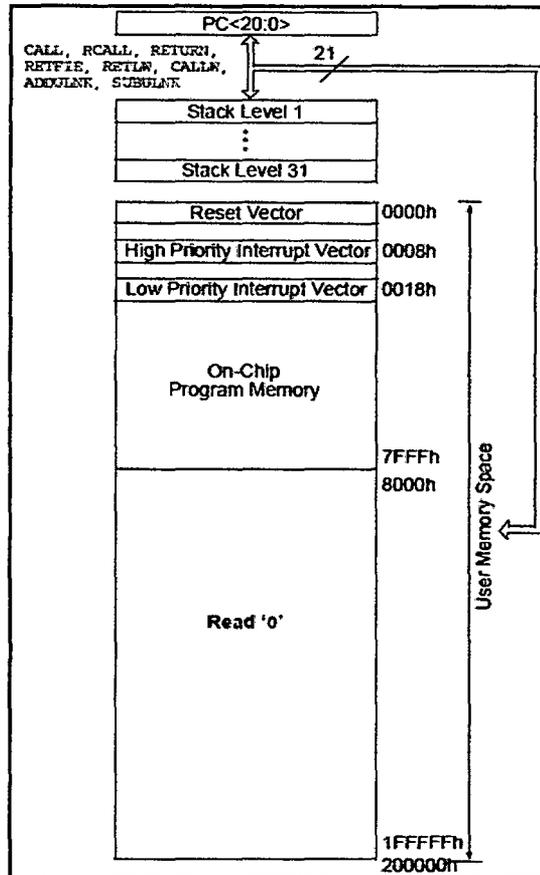


Figura 2.15 Memoria de programa del microcontrolador PIC18F2550. (Fuente: Compilador CCSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo Garcia B.)

La memoria de programa puede ser leída, borrada y escrita durante la ejecución del programa. La operación que se utiliza normalmente en tiempo de ejecución es la de lectura de tablas o datos almacenados en memoria de programa.

Contador de programa: El PC (contador de programa) tiene 21 bits (PCU, PCH y PCL). El bit menos significativo del PC apunta a BYTES, no a WORDs, por lo que es "0". El PC se incrementa de dos en dos. Se dispone de los correspondientes registros auxiliares PCLATU y PCLATH para actuar de forma combinada con el PC cuando éste se escribe o se lee.

Memoria de configuración: Se trata de un bloque de memoria situado a partir de la posición 30000H de la memoria de programa (más allá de la

zona de memoria de programa de usuario). En esta memoria de configuración se incluyen:

- Bits de configuración: Contenidos en 12 bytes de memoria flash permiten la configuración de algunas opciones del PIC como:
 - Opciones del oscilador.
 - Opciones de reset.
 - Opciones del Watchdog.
 - Opciones de la circuitería de depuración y programación.
 - Opciones de protección contra escritura de la memoria de programa y de la memoria EEPROM de datos.

Estos bits se configuran generalmente durante la programación C, aunque también pueden ser leídos y modificados durante la ejecución del programa.

- Registros de identificación: Se trata de dos registros situados en las direcciones 3FFFFEH y 3FFFFFH que contienen información del modelo y revisión del dispositivo. Son registros de sólo lectura y no pueden ser modificados por el usuario.

Pila: La Pila es un bloque de memoria RAM independiente de 31 palabras de 21 bits y un puntero de 5 bits, que sirve para almacenar temporalmente el valor del PC cuando se produce una llamada a una subrutina o interrupción. El "Top Of Stack" es accesible se puede leer y escribir (será conveniente quitar previamente las interrupciones). El puntero de pila (contenido en el registro STKPTR) es un contador de 5 bits que indica la posición actual del final de pila. El contenido del final de la pila es accesible mediante los registros TOSU, TOSH, TQSL.

Cuando se procesa una interrupción o se ejecutan las instrucciones CALL o RCALL (el PC está apuntando a la siguiente instrucción) se incrementa el STKPTR y se almacena el valor del PC en el final de pila. Cuando se ejecutan las instrucciones RETURN, RETLW o RETFIE se copia en el PC el valor almacenado en la cima de pila y se decrementa el STKPTR.

Memoria de datos

Los PIC18 tienen hasta un total de 4 KBytes agrupados en 16 bancos, con 256 bytes cada uno. Como en el resto de las gamas, existen los registros de propósito general GPR y los registros especiales SFR; éstos últimos se sitúan en la zona más alta (desde F00h hasta FFFh). El PIC18F2550 dispone una memoria RAM de datos 2048 bytes (8 bancos de 256 bytes). Además dispone de 126 bytes dedicados a los registros de función especial (SFRs) situados en la parte alta del banco 15, que muestra en la figura 2.16.

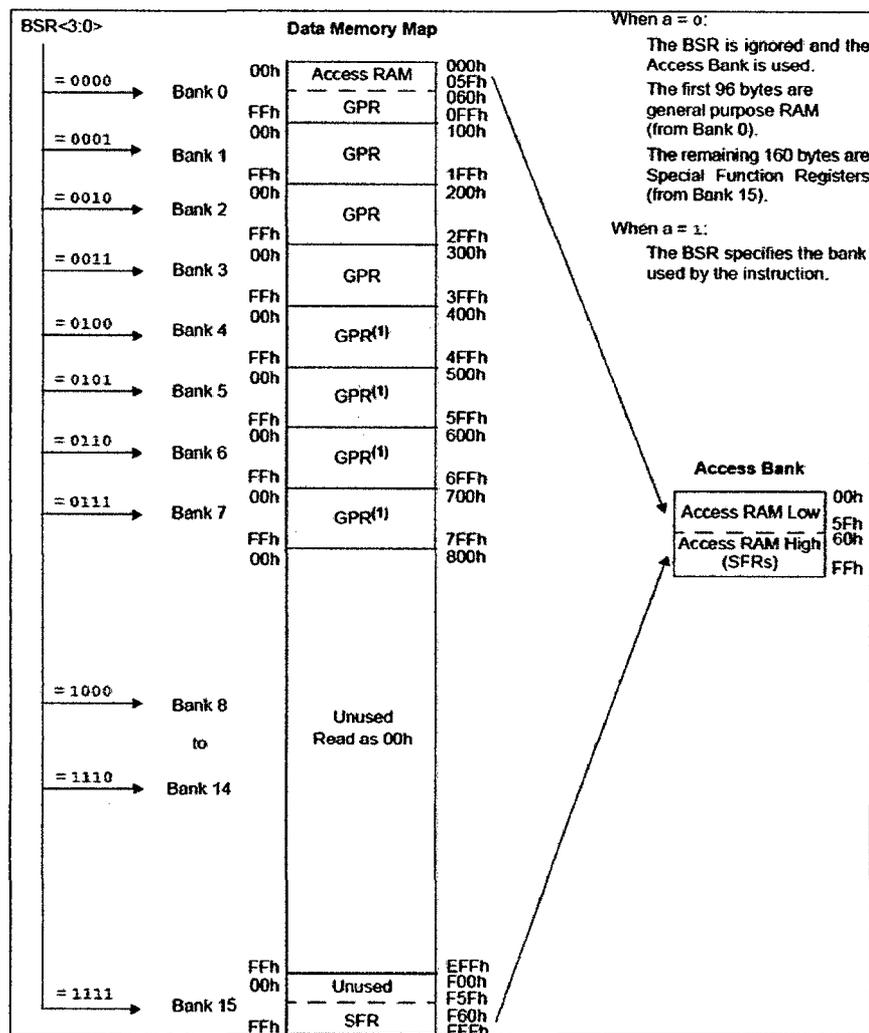


Figura 2.16 Memoria de datos del microcontrolador PIC18F2550. (Fuente: Compilador C CSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.

Para acceder a un byte de la memoria RAM de datos primero se debe seleccionar el banco al que pertenece el byte mediante el registro de selección de banco (BSR) y, a continuación, direccionar el byte dentro del banco. Además existe una modalidad de acceso rápido a las 126 posiciones de la parte baja del banco 0 y a los 126 bytes de SFR.

La memoria RAM de datos se compone de registros de propósito general (GPRs), los cuales pueden ser utilizados por el usuario y de registros de función especial (SFRs), con los cuales se puede monitorizar/controlar el funcionamiento de la CPU y de las unidades funcionales del PIC. En el PIC18F2550 se sitúa en el bloque de memoria de 0xF60 a 0xFFF, como se observa en la figura 2.17. Se distinguen dos conjuntos de SFRs:

- SFR asociados con el núcleo del PIC: CPU: WREG, STATUS, BSR, etc.; Interrupciones: INTCON, PIE1, PIR1, IPRI, etc.; Reset: RCON.
- SFR asociados con las modalidades funcionales: Timers: TOCON, TMR1H, TMR1L, TICQN, etc.; Convertidor ADC: ADRESH, ADRESL, ADCON0, ACON1, etc.; EUSART: TXREG, TXSTA, RCSTA, etc.; CCP: CCPRIH, CCPRI1, CCPICON, etc. y MSSP: SSPSTAT, SSPDATA, SSPCFG, etc. Puertos de E/S: TRISA, PORTA, TRISB, PORTB, TRISC, PORTC, etc.

Memoria EEPROM: El PIC18F2550 dispone una memoria EEPROM de datos de 256 bytes. Al ser una memoria no volátil, los datos almacenados en ella se mantienen en ausencia de tensión de alimentación. El acceso a esta memoria se realiza mediante los SFRs: EECON1, EECON2, EEDATA y EEADR. Esta memoria permite hasta 1.000.000 de ciclos de borrado/escritura. Se puede leer/escribir de forma individual en cada una de las 256 posiciones de memoria. La duración de un ciclo completo de borrado/escritura de un byte en la memoria EEPROM es de unos 4 ms.

Modos de direccionamiento: El modo de direccionamiento es la forma en la que se obtienen los datos que van a ser utilizados en la instrucción. Existen 4 modos de direccionamiento: Inherente, literal, directo e indirecto.

Address	Name	Address	Name	Address	Name	Address	Name	Address	Name
FFh	TOSH	FDh	INDF2 ⁽¹⁾	FBFh	CCPR1H	F9Fh	IPR1	F7Fh	UEP15
FFEh	TOSH	FDEh	POSTINC2 ⁽¹⁾	FBEh	CCPR1L	F9Eh	PIR1	F7Eh	UEP14
FFDh	TOSL	FDDh	POSTDEC2 ⁽¹⁾	FBDh	CCP1CON	F9Dh	PIE1	F7Dh	UEP13
FFCh	STKPTR	FDC	PREINC2 ⁽¹⁾	FBCh	CCPR2H	F9Ch	...(2)	F7Ch	UEP12
FFBh	PCLATU	FDBh	PLUSW2 ⁽¹⁾	FBBh	CCPR2L	F9Bh	OSCTUNE	F7Bh	UEP11
FFAh	PCLATH	FDAh	FSR2H	FBAh	CCP2CON	F9Ah	...(2)	F7Ah	UEP10
FF9h	PCL	FD9h	FSR2L	FB9h	...(2)	F99h	...(2)	F79h	UEP9
FF8h	TBLPTRU	FD8h	STATUS	FB8h	BAUDCON	F98h	...(2)	F78h	UEP8
FF7h	TBLPTRH	FD7h	TMR0H	FB7h	ECCP1DEL	F97h	...(2)	F77h	UEP7
FF6h	TBLPTRL	FD6h	TMR0L	FB6h	ECCP1AS	F96h	TRISE ⁽³⁾	F76h	UEP6
FF5h	TABLAT	FD5h	T0CON	FB5h	CVRCON	F95h	TRISD ⁽³⁾	F75h	UEP5
FF4h	PRODH	FD4h	...(2)	FB4h	CMCON	F94h	TRISC	F74h	UEP4
FF3h	PRODL	FD3h	OSCCON	FB3h	TMR3H	F93h	TRISB	F73h	UEP3
FF2h	INTCON	FD2h	HLVDCON	FB2h	TMR3L	F92h	TRISA	F72h	UEP2
FF1h	INTCON2	FD1h	WDTCON	FB1h	T3CON	F91h	...(2)	F71h	UEP1
FF0h	INTCON3	FD0h	RCON	FB0h	SPBRGH	F90h	...(2)	F70h	UEP0
FEFh	INDF0 ⁽¹⁾	FCFh	TMR1H	FAFh	SPBRG	F8Fh	...(2)	F6Fh	UCFG
FEh	POSTINC0 ⁽¹⁾	FCEh	TMR1L	FAEh	RCREG	F8Eh	...(2)	F6Eh	UADDR
FEDh	POSTDEC0 ⁽¹⁾	FCDh	T1CON	FADh	TXREG	F8Dh	LATE ⁽³⁾	F6Dh	UCON
FECh	PREINC0 ⁽¹⁾	FCCh	TMR2	FACH	TXSTA	F8Ch	LATD ⁽³⁾	F6Ch	USTAT
FEBh	PLUSW0 ⁽¹⁾	FCBh	PR2	FABh	RCSTA	F8Bh	LATC	F6Bh	UEIE
FEAh	FSR0H	FAh	T2CON	FAAh	...(2)	F8Ah	LATB	F6Ah	UEIR
FE9h	FSR0L	FC9h	SSPBUF	FA9h	EEADR	F89h	LATA	F69h	UIE
FE8h	WREG	FC8h	SSPADD	FA8h	EEDATA	F88h	...(2)	F68h	UIR
FE7h	INDF1 ⁽¹⁾	FC7h	SSPSTAT	FA7h	EECON2 ⁽¹⁾	F87h	...(2)	F67h	UFRMH
FE6h	POSTINC1 ⁽¹⁾	FC6h	SSPCON1	FA6h	EECON1	F86h	...(2)	F66h	UFRML
FE5h	POSTDEC1 ⁽¹⁾	FC5h	SSPCON2	FA5h	...(2)	F85h	...(2)	F65h	SPPCON ⁽³⁾
FE4h	PREINC1 ⁽¹⁾	FC4h	ADRESH	FA4h	...(2)	F84h	PORTE	F64h	SPPEPS ⁽³⁾
FE3h	PLUSW1 ⁽¹⁾	FC3h	ADRESL	FA3h	...(2)	F83h	PORTD ⁽³⁾	F63h	SPPCFG ⁽³⁾
FE2h	FSR1H	FC2h	ADCON0	FA2h	IPR2	F82h	PORTC	F62h	SPPDATA ⁽³⁾
FE1h	FSR1L	FC1h	ADCON1	FA1h	PIR2	F81h	PORTB	F61h	...(2)
FE0h	BSR	FC0h	ADCON2	FA0h	PIE2	F80h	PORTA	F60h	...(2)

Figura 2.17 Registros de función especial de la memoria de datos. (Fuente:

Compilador C CSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.)

- Modo de direccionamiento inherente: En este modo, o bien la instrucción no tiene operando o bien el operando viene especificado en el propio código de operación de la instrucción.
- Modo de direccionamiento literal: En este modo, el valor del operando viene indicado de forma explícita en la instrucción.

- Modo de direccionamiento directo: En este modo, la dirección en la que se encuentra el valor del operando viene indicada de forma explícita en la instrucción.
- Modo de direccionamiento indirecto: En este modo, la dirección de memoria en la que se encuentra el dato viene especificado en uno de los registros FSR0, FSR1 y FSR2.

Interrupciones

Se dispone de dos niveles de prioridad:

- Nivel alto vectorizado en la dirección 0008H.
- Nivel bajo, vectorizado en la dirección 0018H.

Todas las interrupciones pueden ser programadas con cualquiera de las dos prioridades, salvo la interrupción externa 0 (siempre tiene alta prioridad). Se puede forzar el modo compatible "sólo alta prioridad", mediante el bit IPEN = 0. GIE/GIEH & PEIE/GIEL controlan los respectivos permisos globales. El servicio de interrupción de alta prioridad impide el servicio de baja prioridad. Cuando se ejecuta RETFIE se pone el permiso correspondiente al nivel que se está sirviendo.

Todas las interrupciones disponen de 3 bits de configuración (excepto la interrupción externa 0 que tiene dos):

- Bit de habilitación de interrupción: Permite habilitar a nivel individual la interrupción.
- Flag de interrupción: Se pone a '1' cuando se produce la condición de interrupción independientemente de si la interrupción está habilitada o no. Debe ponerse a '0' por software cuando se procesa la interrupción.

Valid #INT_ Keywords	
PIC18F2550	
RTCC	Timer 0 overflow (using RTCC name)
TIMER0	Timer 0 overflow (using TIMER0 name)
TIMER1	Timer 1 overflow
TIMER2	Timer 2 overflow
TIMER3	Timer 3 overflow
EXT	External interrupt
EXT1	External interrupt #1
EXT2	External interrupt #2
RB	Port B any change on B4-B7
AD	Analog to digital conversion complete
RDA	RS232 receive data available
TBE	RS232 transmit buffer empty
SSP	SPI or I2C activity
CCP1	Capture or Compare on unit 1
CCP2	Capture or Compare on unit 2
BUSCOL	Bus collision
LOWVOLT	Low voltage detected
COMP	Comparator event
EEPROM	Write complete
OSCF	System oscillator failed
USB	Universal Serial Bus activity

Figura 2.18 Fuentes de interrupciones del CCS para el PIC18F2550. (Fuente: compilador c CSS y simulador proteus para microcontroladorespicEduardo García B.)

- Bit de prioridad de interrupción: Establece si la interrupción es de alta o de baja prioridad (no está disponible para la interrupción externa 0).

Oscilador

El microcontrolador necesita un reloj estable para proporcionar una fuente de reloj separada.

Control del oscilador: El oscilador se controla mediante dos registros de configuración y otros dos de control.

En CONFIG1L y CONFIG1H se elige el oscilador y las opciones de los escaladores del USB (prescaler y postscaler), como se ve en la figura 2.9.

Los bits de configuración se seleccionan al programarlos y permanecerán hasta que se vuelvan a programar.

El registro OSCCON selecciona el modo activo de reloj.

El registro OSCTUNE se utiliza para recortar frecuencia de la fuente INTRC.

Tipos de oscilador: Hay que programar los bits de configuración FOSC3:FOSC0 para seleccionar un modo de estos:

- **XT:** XTAL/circuito resonante.
- **XTPLL:** XTAL/circuito resonante con PLL activo.
- **HS:** XTAL/circuito resonante muy rápido.
- **HSPLL:** XTAL/circuito resonante muy rápido con PLL activo.
- **EC:** Reloj externo con Fosc/4 como salida en RA6.
- **ECIO:** Reloj externo con RA6 como E/S.
- **ECPLL:** Reloj externo con Fosc/4 como salida en RA6 y PLL activo.
- **ECPIO:** Reloj externo con RA6 como E/S y PLL activo.
- **INTHS:** Oscilador interno usado como reloj del microcontrolador y HS como reloj del USB.
- **INTXT:** Oscilador interno usado como reloj del microcontrolador y XT como reloj del USB.
- **INTCKO:** Oscilador interno usado como reloj del microcontrolador y EC como reloj del USB con Fosc/4 como salida en RA6.

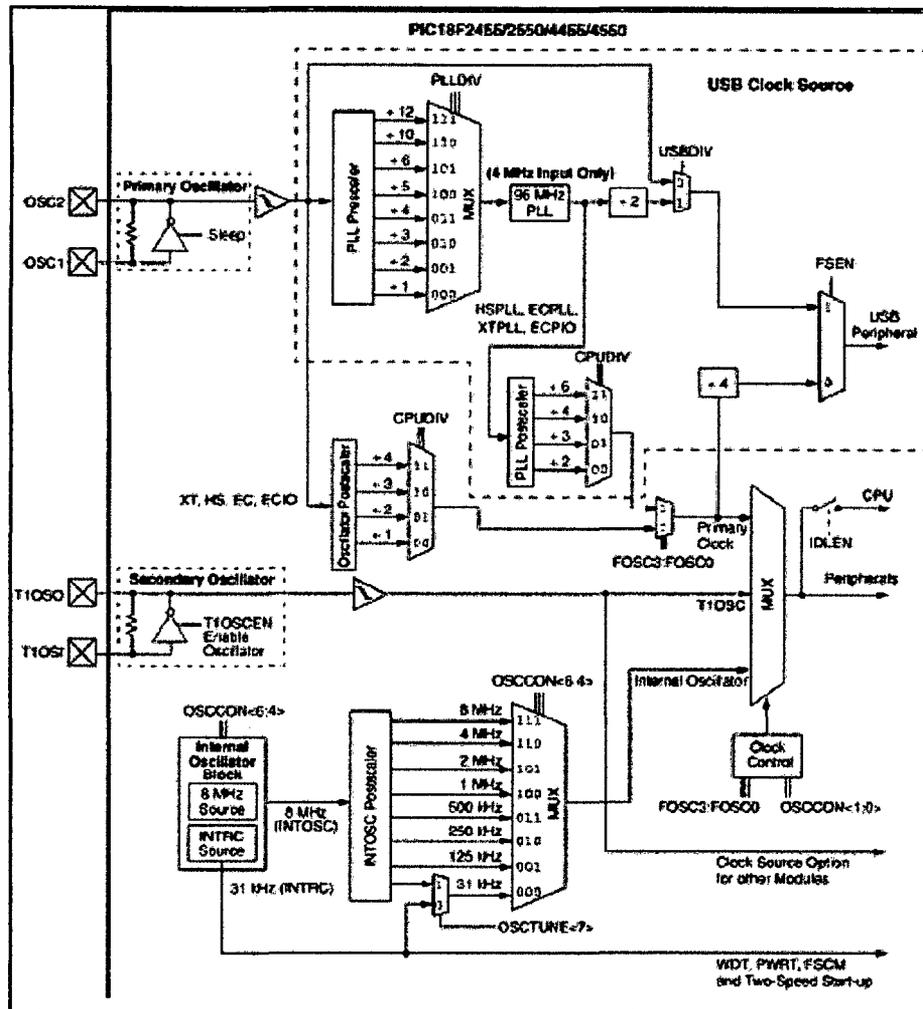


Figura 2.19 Los escaladores del USB, nos permite múltiples configuraciones.

(Fuente: Compilador C CSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.)

Unidades funcionales

El PIC18F2550 dispone de una serie de Unidades Funcionales (UF) que:

- Realizar tareas específicas especializadas (conversión A/D, transmisión/recepción de datos, generación de señales digitales con temporizaciones programables, etc.).
- Optimizar el rendimiento del PIC, ya que estas unidades trabajan en paralelo a la CPU permitiendo que esta se centre en otras tareas como el procesamiento de datos, cálculos, movimiento de datos, etc.

Las Unidades Funcionales más importantes del PIC18F2550, se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Unidades funcionales del PIC18F2550.

Puerto de E/S	Unidad de comparación/PWM mejorada (ECCP)
Temporizador 0	Canal de comunicación serie EUSART
Temporizador 1	Canal de comunicación serie MSSP
Temporizador 2	Módulo analógico de comparación
Temporizador 3	Canal de transmisión de datos en paralelo (SPP)
Convertor A/D	Acceso a memoria externa (EMA)
Módulo USB	Unidad de comparación/captura/PWM (CCP)

Fuente: Compilador C CSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.

Puertos de entrada/salida: El PIC18F2550 dispone de 4 puertos de E/S que incluyen un total de 23 líneas digitales de E/S, como en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Puertos de E/S del PIC18F2550.

Puerto E/S	Líneas de entrada/salida
PORTA	7 Líneas de entrada/salida
PORTB	8 Líneas de entrada/salida
PORTC	7 Líneas de entrada/salida
PORTE	1 Línea de entrada

Fuente: Compilador C CSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.

Cada puerto de E/S tiene asociado 3 registros:

- Registro TRIS: Mediante este registro se configuran cada una de las líneas de E/S del puerto como ENTRADA (bit correspondiente a '1') o como SALIDA (bit correspondiente el '0').
- Registro PORT: Mediante este registro se puede leer el nivel de pin de E/S y se puede establecer el valor del *latch* de salida.
- Registro LAT: Mediante este registro se puede leer o establecer.

Temporizadores

Temporizador 0: Configurable como temporizador/contador de 8 bits/16 bits. Pre-escalar de 8 bits programable e interrupción por desbordamiento.

Temporizador 1: Configurable como temporizador/contador de 16 bits. Dispone de un oscilador propio que puede funcionar como: Señal de reloj

del temporizador 1. Señal de reloj del PIC en modos de bajo consumo. Pre-escalar de 3 bits programable e interrupción por desbordamiento.

Temporizador 2: Temporizador de 8 bits (registro TMR2). Registro de periodo PR2. Pre-escalar de 2 bits programable (1:1, 1:4, 1:16). Post-escalar de 4 bits (1 :1...1 :16). Interrupción por igualdad entre TMR2 y PR2. Se puede utilizar junto con los módulos CCP y ECCP. Se puede utilizar como señal de reloj del módulo MSSP en modo SP.

Temporizador 3: Configurable como temporizador/contador de 16 bits. Dispone de varias opciones de señal de reloj en el modo temporizador: Oscilador principal con o sin pre-escalar. Oscilador del temporizador 1 con o sin pre-escalar. Pre-escalar de 3 bits programable.

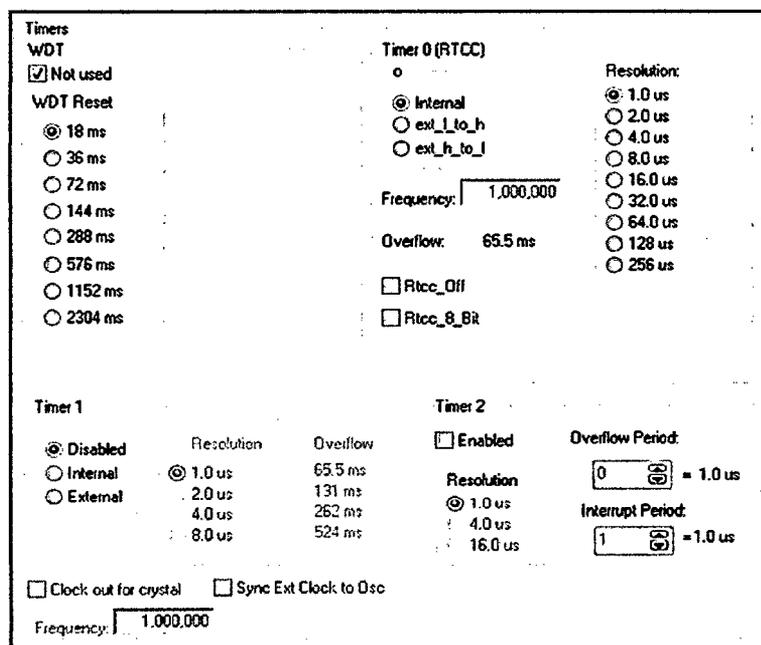


Figura: 2.20 Opciones de CCS para los temporizadores. (Fuente: Compilador CCSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo Garcia B.)

Canal de Comunicación Serie (EUSART)

Características fundamentales:

- Modos de trabajo: Modo asíncrono de 8 bits, modo asíncrono de 9 bits, modo síncrono Maestro, modo síncrono Esclavo.
- Auto-activación por detección de dato recibido.

- Detección automática de velocidad de comunicación (baudrate).
- Transmisión y detección de carácter de BREAK (bus LIN).

Figura 2.21 Opciones de CCS para la comunicación serie RS232. (Fuente: Compilador C CSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.)

Módulo de Comparación/Captura/PWM (CCP)

Dispone de tres modos de funcionamiento:

- Modo de Captura: Se utiliza para medir eventos externos como la duración de pulsos digitales.
- Modo de Comparación: Se utiliza para generar señales digitales con temporizaciones programables. Este tipo de señales son muy útiles para el control de etapas de potencia (convertidores DC/DC, DC/AC, AC/DC).
- Modo PWM: Se utiliza para generar señales PWM.

También existe un módulo de comparación/captura/PWM mejorado (ECCP), que dispone de cuatro modos de funcionamiento:

- Modo de Captura: Se utiliza para medir eventos externos como la duración de pulsos digitales.
- Modo de Comparación: Se utiliza para generar señales digitales con temporizaciones programables. Este tipo de señales son muy útiles para el control de etapas de potencia (convertidores DC/DC, DC/AC, AC/DC).
- Modo PWM: Se utiliza para generar señales PWM.
- Modo PWM mejorado: Se utiliza para generar señales PWM complementarias para el control de semi puentes de transistores.

Introducción al puerto USB

USB es una especificación de las empresas Compaq, Intel, Microsoft y NEC, que describe un canal serie que soporta una gran variedad de periféricos de media y baja velocidad, con soporte integral para transferencias en tiempo real (isócronas) como voz, audio y vídeo comprimido, y que permite mezclar dispositivos, aplicaciones isócronas y asíncronas. Por lo tanto, entre los dispositivos USB más característicos se pueden citar teclados, ratones, joysticks, tabletas gráficas, monitores, módems, impresoras, escáneres, CD-ROMs, dispositivos de audio (como micrófonos o altavoces digitales), cámaras digitales y otros dispositivos multimedia.

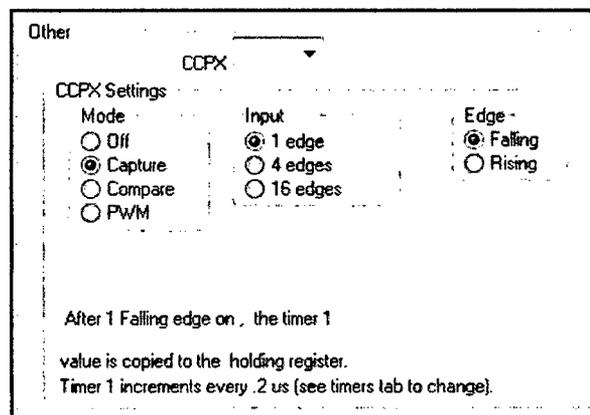


Figura 2.22 Opciones de CCS para el módulo CCP.

(Fuente: Compilador C CSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.)

La versión 1.1 (La que soporta el PIC18F2550) establece:

- Un acceso al bus gestionado directamente por el Controlador USB, para permitir transferencias isócronas y eliminar los tiempos de arbitración.
- Una velocidad de 12 Mbps (Full Speed o FS) y un sub canal de 1,5 Mbps (LowSpeed o LS) para los dispositivos más lentos, como ratones y joysticks. La coexistencia en un mismo sistema de dispositivos FS y LS se maneja mediante conmutación automática y dinámica de velocidad entre unas transferencias y otras.

- Una conectividad excepcional, ya que puede manejar hasta 127 dispositivos simultáneamente que se pueden conectar y desconectar en caliente, sin tener que reiniciar el sistema.
- Una configuración automática de dispositivos, que elimina la necesidad de realizar configuraciones manuales por medio de conmutadores.
- La coexistencia de dispositivos isócronos y asíncronos. Los dispositivos isócronos se atienden en función del ancho de banda y latencia requeridos, y los asíncronos se atienden durante el tiempo restante no consumido por los dispositivos isócronos.
- Una distribución de alimentación desde el Controlador USB, que permite la conexión tanto de dispositivos alimentados desde el bus como autoalimentados.
- Una arquitectura fácilmente escalable para permitir la existencia de varios controladores USB en un sistema.
- La versión 1.1 es soportada por los siguientes sistemas operativos: Windows 98\Windows 2000\Windows XP\Windows Vista\Windows 7 y además los siguientes OS ajenos a Windows, Linux\Mac OS.

Protocolo USB

El protocolo de nivel físico se basa en tokens (testigos). El controlador USB transmite tokens que incluyen la dirección del dispositivo destino, y el dispositivo que detecta su dirección en el token responde y lleva a cabo la transferencia de datos con el controlador. De esta manera, el Controlador USB maneja la parte más compleja del protocolo, generando los tokens de transferencias de datos a 12 Mbps o a 1,5 Mbps, y controlando la conexión lógica entre el sistema y las funciones internas de cada dispositivo. El controlador USB también maneja el consumo en el bus a través de las funciones Suspend/Continuar, por medio de las cuales controla los modos Reposo/Activo de los dispositivos. Esta arquitectura permite el diseño de dispositivos extremadamente simples y de bajo costo.

USB divide el tiempo en espacios de 1ms denominados Tramas, durante las cuales se llevan a cabo las comunicaciones a través de Transacciones, las cuales se componen a su vez de Paquetes. Las transacciones se componen de 3 fases: Token, Dato y Validación (Handshake):

- La fase de Token se compone de un paquete, enviado por el controlador USB, y está presente en toda transacción. Contiene los campos:
 - PID (identifica el tipo de paquete). Todos los PIDs van protegidos por bits redundantes.
 - Dirección del elemento destino (7 bits de dispositivo + 4 bits de elemento interno al dispositivo), y CRC5.
- La fase de Datos (opcional) se compone de los paquetes de datos que se transfieren entre el Controlador USB y el dispositivo. Cada paquete se compone de los campos PID, Datos, y CRC16.
- La fase de Validación (opcional) se usa para indicar el resultado de la transacción. Se compone sólo de un campo PID.

Adicionalmente, el controlador USB indica el principio de cada Trama y la transmisión hacia dispositivos LS mediante tokens especiales.

Tipos de Transferencia de Datos

USB soporta 4 tipos de transferencias de datos:

- Sincrona: Este tipo proporciona un método de transferencia para cantidades de datos grandes (hasta 923 bytes) con la entrega puntual asegurada; sin embargo, la integridad de los datos no se asegura. Es bueno en aplicaciones donde los datos son pequeños.
- Bulk: Este método de transferencia permite grandes cantidades de datos que se transferirán asegurando la integridad de los datos; sin embargo, la puntualidad de la entrega no se asegura.
- Interrupción: Este tipo de transferencia prevé la entrega puntual asegurada para bloques pequeños de datos, se asegura su integridad.
- Control: Para configuración y control de dispositivos, y manejo del bus.

El PIC18F2550 soporta la transferencia interruptiva (mouse, teclado y cualquier dispositivo HID) y transferencias tipo Bulk (paquetes) en dispositivos como por ejemplo osciloscopios USB.

Módulo USB del PIC18F2550

Para empezar observemos la figura 2.23, donde están ubicados los pines D- y D+ (Correspondientes a las señales de datos del puerto USB en el PIC18F2550), así como también los otros pines que intervienen.

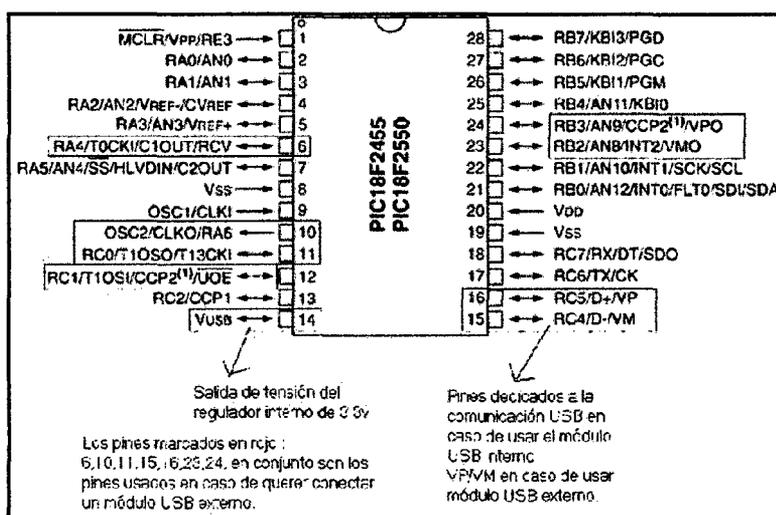


Figura 2.23 Pines del PIC18F2550 que intervienen en la comunicación USB.

(Fuente: Compilador CCS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.)

Funcionamiento del módulo USB: La familia de dispositivos PIC18FX455/X550 contiene una interfaz serie compatible con el SIE (serial interface engine) USB "full-speed" (2.0) y "de poca velocidad" (1.0) que permite la comunicación rápida entre cualquier dispositivo USB y el microcontrolador PIC.

El SIE puede interconectarse directamente al USB, utilizando el transmisor-receptor interno, o puede conectarse a través un transmisor-receptor externo. El PIC tiene un regulador interno de 3.3V para alimentar el transmisor-receptor interno en aplicaciones de 5V.

Se han incluido algunas características especiales en el hardware para mejorar el funcionamiento. Se proporciona memoria de puerto dual en la

memoria de datos del dispositivo (RAM del USB) para tener acceso directo a la memoria desde el núcleo del microcontrolador y desde el SIE.

También se proporcionan unos buffer para que el programador elija libremente el uso de la memoria dentro del espacio de la RAM del USB.

Existe un puerto paralelo para transmitir grandes cantidades de datos (SSP) como se observa en la figura 2.24, para esto se ha proporcionado la ayuda de transferencia ininterrumpida de volúmenes de datos grandes, por ejemplo datos síncronos, a los buffers de memoria externos.

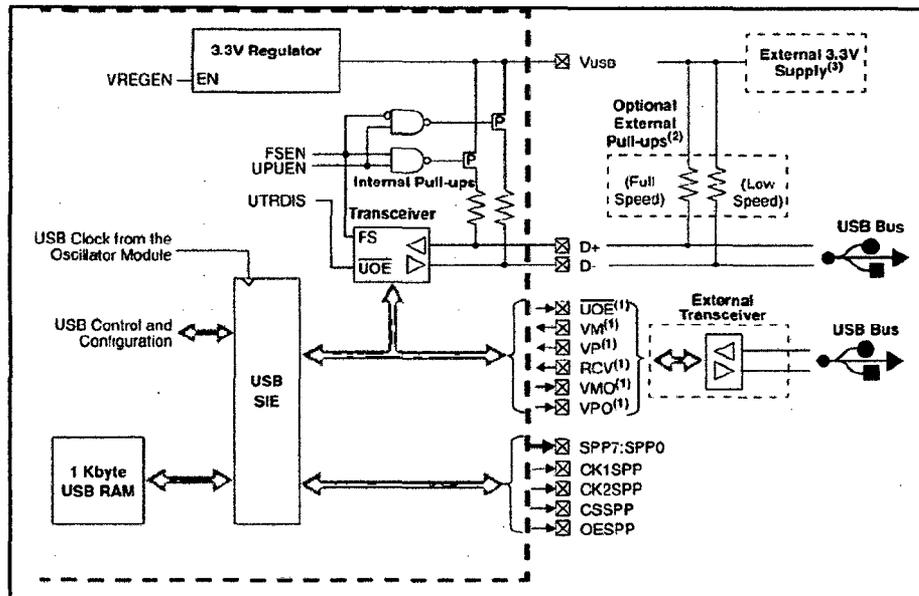


Figura 2.24 Diferentes opciones a nivel conexionado del USB con el exterior. (Fuente: Compilador C CSS y simulador proteus para microcontroladores PIC. Eduardo García B.)

Nota 1: Esta señal solo está disponible si el transmisor interno está desactivado (UTRDIS=1).

Nota 2: Las pull-ups externas son opcionales, pero si queremos usarlas hay que desactivar las propias resistencias de pull-up internas.

Nota 3: El regulador de voltaje de 3.3V, nos provee de tensión al módulo USB en aplicaciones de 3.3V. En caso de tener una fuente externa de 3.3V conectada a Vusb, tenemos que desactivar el módulo interno del regulador.

Vemos en la imagen los diferentes pines que según configuración de la SIE, podemos usar un transceptor externo.

Algo muy importante que tenemos que ver es el puente bidireccional entre la SIE y el SSP. Este puente nos va a permitir el transporte a alta velocidad de grandes flujos de datos en modo síncrono.

Estado y control del módulo USB: En total hay 22 registros para manejar las transacciones del USB. Los registros son:

- Registro de control del USB (UCON).
- Registro de configuración del USB (UCFG).
- Registro de estado de la transferencia del USB (USTAT).
- Registro de dirección de dispositivo USB (UADDR).
- Registros del número del frame (UFRMH: UFRML).
- Registros activadores de los End points de 0 a 15 (UEPN).

Enumeración: Cuando el dispositivo se une al bus, el anfitrión crea un proceso de enumeración en un intento por identificar el dispositivo. Esencialmente, el anfitrión interroga al dispositivo, recopila información tal como el consumo de energía, tarifas y tamaños de los datos, protocolo y otra información descriptiva, que contienen los descriptores. El proceso de enumeración sería:

1. Reset del USB: Resetear el dispositivo. Así, el dispositivo no se configura y no tiene una dirección (dirección 0).
2. Conseguir el descriptor del dispositivo: El anfitrión solicita una pequeña parte del descriptor del dispositivo.
3. Reset del USB: Resetear el dispositivo otra vez.
4. Fijar la dirección: El anfitrión asigna una dirección al dispositivo.
5. Conseguir el descriptor del dispositivo: El anfitrión recupera el descriptor del dispositivo, recolectando la información; del fabricante, tipo de dispositivo, control máximo del tamaño de los paquetes.
6. Conseguir los descriptores de configuración.
7. Conseguir cualquier otro descriptor.
8. Fijar una configuración.

2.2.8 Reloj de tiempo real

Por necesidades del control de tiempos, el reloj debe ser exacto, por lo que se optó utilizar un reloj externo mediante comunicación I2C, el reloj que cumple estos requisitos es el circuito integrado DS1307¹¹

El DS1307 es un dispositivo de salida programable con una capacidad de 56 Kbytes de memoria RAM no volátil; cuenta segundos, minutos, horas, día del mes, día de la semana y año teniendo una compensación de años válida hasta el 2100 además de que opera en un formato de 12 o 24 horas, contando inclusive con indicadores AM y PM. Tiene un circuito de detección de fallos en la línea de alimentación y un sistema de switcheo automático hacia una batería de 3V que funciona como fuente de emergencia con un consumo de corriente de 50 nA. El DS1307 tiene una fuente de poder incorporada que detecta fallas de energía y automáticamente cambia al modo de reserva o de abastecimiento. La tabla 2.5 muestra las principales características del circuito integrado.

Tabla 2.5 Características del reloj DS1307.

CARACTERISTICAS	DS1307
Voltaje de Operación	4.5 - 5.5 VDC
Voltaje de Batería	2.0 – 3.5 VDC
Comunicación	I ² C
Frecuencia nominal	32.768 KHz
Encapsulado	8 – pin PDIP 8 – pin SOIC

Fuente: Hoja de datos del fabricante

2.2.9 Sensores

Ante la necesidad de medir la temperatura y la humedad se presentan varias alternativas, el uso de sensores analógicos o digitales.

El mercado ofrece varias soluciones dependiendo del tipo que se utilice. En el caso de los analógicos se pueden encontrar sensores de temperatura

¹¹Hojas de especificaciones técnicas integrado

como LM35, Resistencias PTC, PT100, etc. y sensores de humedad monolíticos (ej. HIH3610), capacitivos (ej. H1), resistivos (ej. NH-01).

Sensor de Temperatura y Humedad Relativa STH11

Dentro del campo de los sensores digitales se encuentran los de temperatura como el TC77, mientras que hay otros capaces de medir tanto la temperatura como la humedad, como es el caso del SHT11, que ha sido el elegido para este diseño.

Una de las razones principales que han hecho optar por este sensor es que al usar sensores analógicos, se debe realizar un acondicionamiento de la señal y una posterior conversión analógico-digital. El acondicionamiento de señal implica el uso de una electrónica asociada a cada sensor para adaptarlo a niveles que puedan ser procesados por el microcontrolador y su convertidor AD.

Esto cuanto menos es engorroso, puesto que se deben calibrar perfectamente dichos sensores para su correcto funcionamiento. Además se debe tener en cuenta que esto también tendría como consecuencia un mayor tamaño de la placa del diseño y unos costes en componentes mayores en comparación con los de un sensor digital.

Todo esto con un precio bastante asequible (17€) comparado con las demás soluciones estudiadas.

Descripción.

El SHT11 es un sensor integrado (SMD) con tecnología CMOS, con capacidad de medir la humedad y la temperatura (figura 2.25) tenemos una presentación física cuenta con un protocolo de transmisión específico, además este sensor viene calibrado de fábrica. En la medición de la humedad relativa (%HR) tiene una precisión de $\pm 3,0$, una resolución de 12bits, para el caso de la temperatura ($^{\circ}\text{K}$) presenta una precisión de $\pm 0,4$, una resolución de 14bits

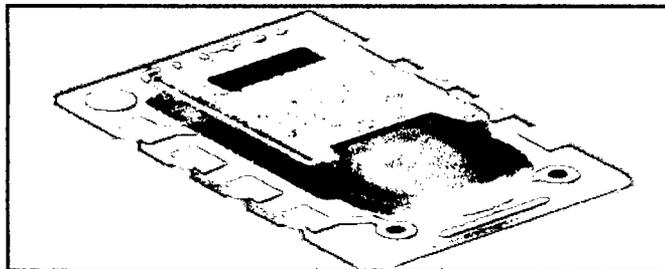


Figura 2.25 Sensor de temperatura y humedad relativa SHT11. (Fuente: Hoja de datos del fabricante)

Funcionamiento

Este sensor se puede alimentar con un rango de tensiones comprendido entre 2,4 a 5v, es necesario colocar un condensador de desacoplo (100nF) lo más cercano a las patas de alimentación (VCC, GND), además de una resistencia pull-up (10K) en la línea 'Data' justo a la entrada del microcontrolador (figura 2.26).

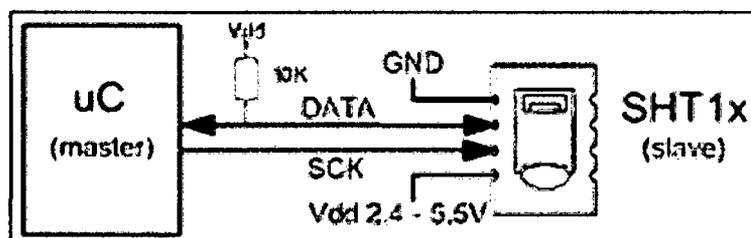


Figura. 2.26 Diagrama de conexión del SHT11. (Fuente: Hoja de datos del fabricante)

La línea "DATA" se utiliza para leer y enviar datos al sensor, es un pin triestado por lo que requiere una resistencia pull-up de 10K.

La línea "SCK" se utiliza para sincronizar el microcontrolador y el SHT11

2.2.10 Sistema de Control

A. Control [3]

Durante la década de los cuarenta, los métodos de respuesta en frecuencia hicieron posible que los ingenieros diseñaran sistemas de control lineales en lazo cerrado que cumplieran con los requerimientos de desempeño. A finales de los años cuarenta y principios de los 50, se desarrolló por completo el método del lugar geométrico de las raíces propuesto por Evans.

Los métodos de respuesta en frecuencia y del lugar geométrico de las raíces, que forman el núcleo de la teoría de control clásica, conducen a sistemas estables que satisfacen un conjunto más o menos arbitrario de requerimientos de desempeño. En general, estos sistemas son aceptables pero no óptimos en forma significativa.

Conforme las plantas modernas con muchas entradas y salidas se vuelven más complejas, la descripción de un sistema de control moderno requiere de una gran cantidad de ecuaciones. La teoría del control clásica, que trata de los sistemas con una entrada y una salida, pierde su solidez ante sistemas con entradas y salidas múltiples.

El mismo autor menciona que alrededor de 1960, debido a la disponibilidad de las computadoras digitales se hizo posible el análisis en el dominio del tiempo de sistemas complejos; la teoría de control moderna está basada en el análisis del dominio del tiempo, y la síntesis a partir de variables de estados, y se ha desarrollado para enfrentar la creciente complejidad de las plantas modernas y los requerimientos limitativos respecto de la precisión, el peso y el costo en aplicaciones militares, espaciales e industriales.

Durante los años comprendidos entre 1960 y 1980, se investigaron a fondo el control óptimo tanto de sistemas determinísticos como estocásticos, y el control adaptable, mediante el aprendizaje de sistemas complejos. De 1980 a la fecha, los descubrimientos en la teoría de control moderna se centraron en el control robusto.

Ahora que las computadoras digitales se han vuelto baratas y compactas, se usan como parte integral de los sistemas de control. Las aplicaciones recientes de la teoría de control moderna incluyen sistemas ajenos a la ingeniería, como los biológicos, biomédicos, económicos y socioeconómicos.

A1. Principios de Control

- Está basado en la ley universal del equilibrio.
- Es perfectible, con tendencia a la eficacia.
- Es secuencial y repetitivo, debido a que es un sistema.

- El control se apoya en la comprobación, que es una forma de evaluación, supervisión y monitoreo de un proceso.
- Todo control de variables sufre perturbaciones o trastornos por la influencia de ciertos factores, internos y externos.
- Tiene respuesta oscilatoria.
- Es una comparación entre lo realizado con lo esperado.
- El ser humano es el controlador nato de toda tarea, proceso o acción de controlar.

A2 Componentes y Operaciones Básicas en un Sistema de Control [4]

En la figura 2.27, se puede observar los cuatro componentes básicos de todo sistema de control:

- Sensor, que también se conoce como elemento primario.
- Transmisor, el cual se conoce como elemento secundario.
- Controlador, que es el “cerebro” del sistema de control.
- Elemento final de control, frecuentemente son actuadores como pueden ser válvulas, bombas de velocidad variable, motores eléctricos, transportadores, etc.

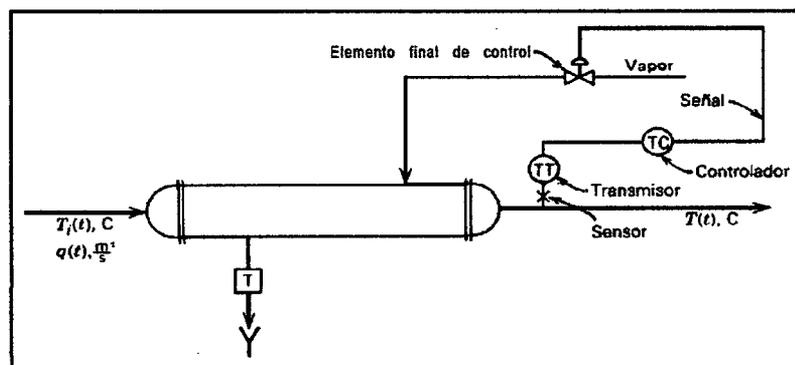


Figura 2.27 Sistema de control del intercambiador de calor. (Fuente: Control automático de procesos. Smith y Corripio.)

La importancia de estos elementos radica en que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control:

- i. *Medición (M)*, la medición de la variable que se está controlando, se hace generalmente mediante la combinación de sensor y transmisor.
- ii. *Decisión (D)*, en base a la medición, el controlador decide que hacer para mantener la variable dentro de un rango preestablecido.
- iii. *Acción (A)*, como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente ésta es realizada por el elemento final de control.

B. Estrategia de Control [5]

El autor propone que hay dos sistemas de control:

Sistemas de control de lazo abierto: Es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida.

Son aquellos en que la acción del controlador no se relaciona con el resultado final. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Un ejemplo simple es el llenado de un tanque usando una manguera de jardín. Mientras que la llave siga abierta, el agua fluirá. La altura del agua en el tanque no puede hacer que la llave se cierre.

Estos sistemas se caracterizan por ser:

- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación
- La salida no se compara con la entrada
- Es afectado por las perturbaciones
- La precisión depende de una previa calibración del sistema

“Los sistemas en lazo abierto son económicos pero normalmente inexactos”. **Kuo Benjamín C. (1996:09)**. Ver la figura 2.28.

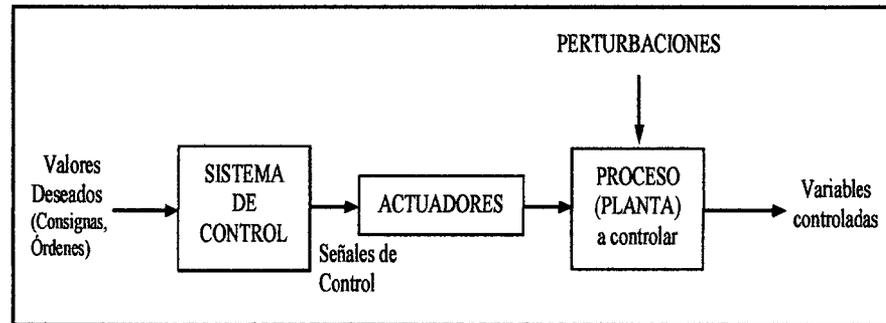


Figura 2.28 Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto. (Fuente: **Sistemas de control automático**. Kuo Benjamín C.)

Sistemas de control de lazo cerrado: Es aquel en el que la acción de control se ejerce en función de la salida. Ver la figura 2.29.

La acción de control se realiza en función del error medido entre la variable controlada y la consigna deseada. Las perturbaciones, aunque desconocidas son consideradas indirectamente mediante sus efectos sobre las variables de salida. Este tipo de estrategia de control puede aplicarse sea cual sea la variable controlada. La gran mayoría de los sistemas de control que se desarrollan en la actualidad son en lazo cerrado.

Sus características son:

- Complejos, y amplios de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y la afecta para el control del sistema.
- Estos sistemas se caracterizan por su propiedad de retroalimentación.
- Más estable a perturbaciones y variaciones internas.

Este sistema de control, es más completo, integral y confiable, por las características señaladas como afirma **Kuo Benjamín C. (1996:10)** "Los sistemas en lazo cerrado tienen muchas ventajas sobre los sistemas en lazo abierto".

Se caracteriza por que existe una realimentación a través de los sensores desde el proceso hacia el sistema de control, que permite a este conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso.

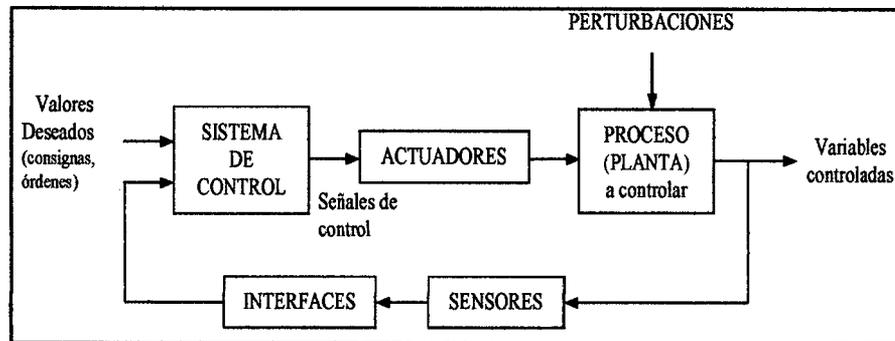


Figura 2.29 Diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado. (Fuente: Sistemas de control automático. Kuo Benjamín C.)

La mayoría de los procesos existentes en la industria utilizan el control en lazo cerrado; por que el producto que se pretende obtener o las variables que se controlan necesita un control continuo en función de unos determinados parámetros de entrada, o bien porque el proceso a controlar se subdivide en una serie de acciones elementales de tal forma que, para realizar una determinada acción sobre el proceso, es necesario que previamente se hayan realizado otra serie de acciones elementales.

C. Modelo Estructural de un Sistema Automatizado [6]

García Moreno, Emilio (2001:10-11), clasifica la estructura de un sistema automatizado en dos partes claramente diferenciados: Parte Operativa, y la Parte de Control o Mando, como se puede apreciar en la figura 2.30.

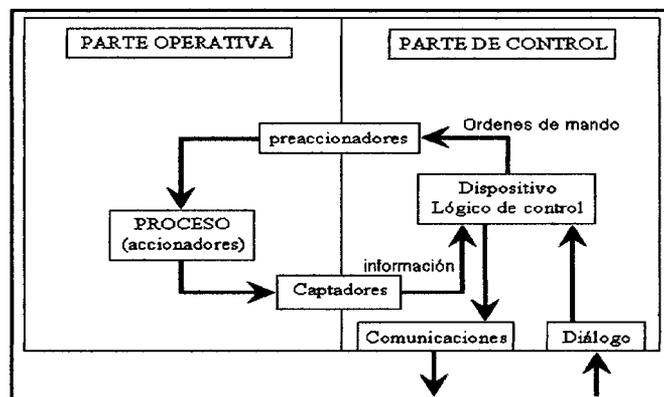


Figura 2.30 Modelo estructural de un sistema automatizado. (Fuente: Automatización de procesos industriales. Emilio García Moreno.)

- C₁ Parte operativa: Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera, etc.
- C₂ Parte de control o mando: Que independientemente de su implementación tecnológica electrónica, neumática, hidráulica etc., es el dispositivo encargado de realizar la coordinación de las distintas operaciones encaminadas a mantener a la parte operativa bajo control. El sometimiento de la parte operativa se logra mediante el mantenimiento continuo de un intercambio de información entre la primera y la parte de control o mando. Dicho intercambio se establece a través de los captadores binarios, transductores analógicos y digitales, los dispositivos de pre accionamiento. A partir de los dos primeros se recoge información de los valores de las magnitudes físicas a controlar, así como de sus cambios de estado; tras el tratamiento de la información se envían acciones de mando a través de los preaccionadores. Estos son dispositivos que permiten el control de grandes potencias mediante las señales de pequeña potencia que son emitidas por la parte de control.

Como se puede observar en esta parte, es la tecnología quien se encarga de coordinar las operaciones que gobiernan a la parte operativa. A continuación, describiremos dichas tecnologías que según **García Moreno, Emilio (2001:22-24)** están señalados en la siguiente clasificación, que se muestra en la figura 2.31.

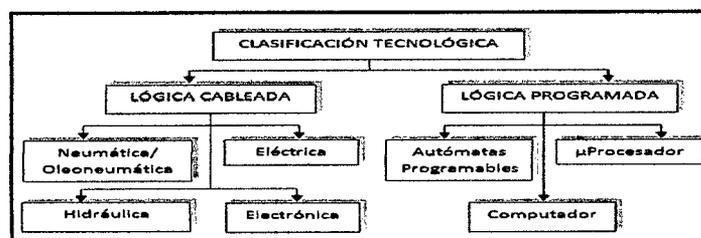


Figura 2.31 Clasificación tecnológica. (Fuente: Automatización de procesos industriales. Emilio García Moreno.)

C2.1 Lógica cableada: Su denominación viene dada por el tipo de dispositivos que intervienen en su implementación.

- Tecnología eléctrica: Las uniones físicas se realizan mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores pulsadores etc. El relé actúa como un intermediario para alimentar un determinado circuito en función de una señal externa, se compone de bobina, conjunto magnético y contactos. El contactor funcionalmente equivalente a un relé, pero más robusto para soportar mayores tensiones y corriente utilizados en la aplicación industrial.
- Tecnología electrónica: La electrónica, es la rama de la física y fundamentalmente una especialización de la ingeniería que estudia y emplea sistemas cuyo funcionamiento se basa en la conducción y el control de flujo microscópico de los electrones u otras partículas cargadas eléctricamente. La automatización electrónica se caracteriza por el empleo de componentes electrónicos tales como: las puertas lógicas, registro de desplazamiento, temporizadores, contadores viables, multiplexadores/demultiplexadores, sumadores, etc., son elementos fundamentales mediante los cuales se elaboran los controladores.
- Tecnología neumática: Esta tecnología ha sido, y es aun frecuentemente utilizada en los automatismos industriales, aunque va quedando relegada a los accionamientos de cierta potencia con algoritmos de control relativamente simples y también para aplicaciones de carácter especial para ambientes explosivos.
- Tecnología hidráulica: En la actualidad en las grandes y medianas empresas de producción se tiene implementado procesos que poseen la necesidad de emplear grandes cantidades de energía. El empleo de la energía hidráulica se

hace necesario en este momento, por ejemplo en las máquinas pesadas, grúas, entre otros, son áreas en donde se requieren grandes esfuerzos y presiones que tanto la energía neumática como la energía eléctrica no son apropiados ya sea por razones económicas o por las magnitudes de los esfuerzos requeridos.

C2.2 Lógica programada: Se trata de una tecnología desarrollada a partir de la aparición del microcontrolador, y de los sistemas programables basados en el: Computador, controladores lógicos y autómatas programables. Constantemente, debido a los altos niveles de integración alcanzados en la microelectrónica, el umbral de rentabilidad de esta tecnología decrece y frente a la lógica cableada presenta gran flexibilidad, posibilidad de cálculo científico e implementación de algoritmos complejos de control de procesos, arquitectura de control distribuido, comunicaciones y gestión.

Las tecnologías más utilizadas para la lógica programada son:

- PLC: Se entiende por controlador lógico programable (PLC) o autómata programable, a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Realiza funciones lógicas: serie, paralelo, temporizaciones, contaje y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.
- Computador: Los computadores no son más que automatismos programables. Se puede decir entonces que la aplicación de los computadores está vinculada a la automatización y el control. Los diferentes requerimientos en cuanto a potencia de cálculo, robustez en el comportamiento, fiabilidad, resistencia a condiciones de operación en ambientes abrasivos, corrosivos etc., ha motivado el desarrollo de diversos tipos de computadores industriales.

- **Microprocesador:** Es un circuito integrado que viene incluido en un microcontrolador, así como también están incluidos los periféricos necesarios para llevar a cabo el control de un proceso. Los microcontroladores PIC fabricados por microchip constituyen una familia de microcontroladores de distintas presentaciones. Son microcontroladores RISC con arquitectura Harvard, tienen muy pocas instrucciones y son muy fáciles de utilizar.

En la práctica se suelen usar la combinación de ambas tecnologías, la lógica cableada y la programada según como dice **García Moreno, Emilio (2001:23)** "...muy a menudo, se suelen articular soluciones mediante implementaciones mixtas aprovechando las mejores características de ambas tecnologías...".

De acuerdo con el modelo estructural descrito, son dos las partes principales que se puede encontrar en un sistema automatizado, la parte operativa y la parte de control; el sistema de control de movimiento del robot móvil realizado, ha utilizado en la parte operativa: captadores (detección de obstáculo y nivel de voltaje D.C.), actuadores (motor D.C. de tracción, motor D.C. de dirección, leds y LCD) y en la parte de control o mando la utilización de la tecnología de lógica programada (computador).

2.2.11 Las Comunicaciones

A. Modos de Transmisión

Wayne Tomasi y otros (1996:09), detallan que en los sistemas de comunicaciones electrónicas existen cuatro modos de transmisión: en una dirección (Simplex), en ambas direcciones pero solo uno a la vez (Half-Duplex), o en ambas direcciones al mismo tiempo (Full-Dúplex) y en ambas direcciones al mismo tiempo pero con diferentes estaciones (Full/Full-Dúplex).

- C₁ Simplex (SX): Las transmisiones pueden ocurrir sólo en una dirección, solo para recibir o solo para transmitir.
- C₂ Half-Duplex (HDX): Las transmisiones pueden ocurrir en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo, llamados también sistemas con alternativa de dos sentidos.
- C₃ Full-Dúplex (FDX), Las transmisiones pueden ocurrir en ambas direcciones al mismo tiempo, también se les denomina líneas simultáneas de doble sentido, dúplex o de ambos sentidos, una ubicación puede transmitir y recibir simultáneamente; sin embargo, la estación a la que está transmitiendo también debe ser la estación de la cual está recibiendo.
- C₄ Full/Full-Dúplex (F/FDX), es posible transmitir y recibir simultáneamente, pero no necesariamente entre las dos estaciones, es decir una estación puede transmitir a una segunda estación y recibir de una tercera estación al mismo tiempo. Las transmisiones full/full dúplex se utilizan exclusivamente con circuitos de comunicaciones de datos.

2.2.12 Reloj en tiempo real ds1307

El DS1307 Real-Time-Clock Serie, es un dispositivo de bajo consumo de energía, completo con código binario decimal (BCD), reloj/calendario más 56 bytes de NV SRAM. Dirección y datos son transferidos a través de 2 hilos serie, bus bi-direccional. El reloj/calendario provee información de, segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año. El final de fecha de mes se ajusta automáticamente durante meses menores de 31 días, incluyendo correcciones para el año bisiesto. El reloj funciona en cualquiera formato de 24 horas o en 12 horas con indicador AM/PM. El DS1307 tiene incorporado un circuito de sensor de tensión que detecta fallas de energía y cambia automáticamente al suministro de batería de respaldo.

Características

- Reloj en tiempo real (RTC) Cuenta segundos, Minutos, horas, fecha del mes, mes, día de la semana, y año con año bisiesto compensación válido hasta 2100.
- 56-Byte, con respaldo de batería, no volátil (NV) de RAM para almacenamiento de datos.
- Interface Serie I2C.
- Onda-Cuadrada programable de la señal de salida.
- Detector Automático Fallo-Energía y Circuito Conmutación.
- Consume menos de 500nA en la batería -- Modo de copia de seguridad con el oscilador funcionando.
- Rango de temperatura Industrial Opcional: -40 ° C a +85 ° C.
- Disponible en 8-Pin Plástico DIP o SO.
- Reconocido UnderwritersLaboratory (UL)

El Circuito Típico de funcionamiento y Configuraciones de pines aparecen al final de hojade datos. Ver niveles de tensión y otras características en el propio DS.

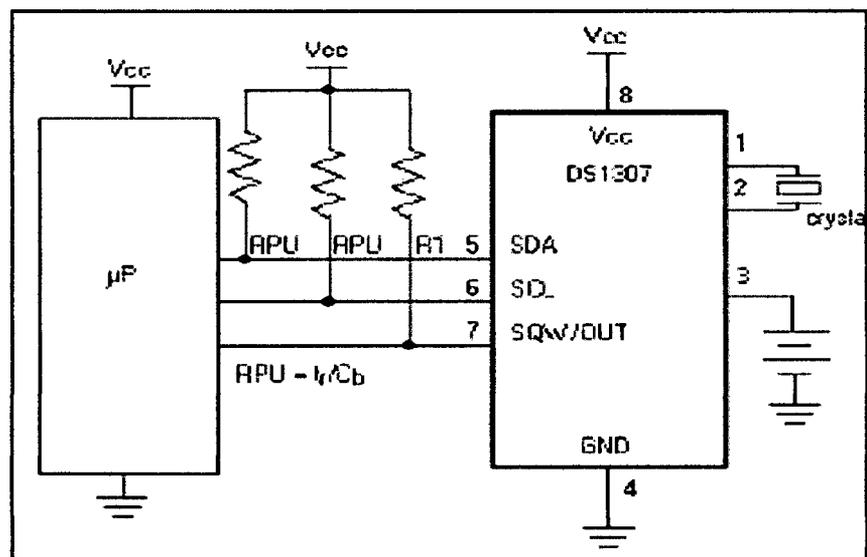


Figura 2.32 Conexión típica a un procesador. (Fuente: Hoja de datos del fabricante.)

Operación.

El DS1307 funciona como un dispositivo esclavo en el bus serie. El acceso se obtiene mediante la aplicación de una condición de START (Inicio) y la prestación de un código de identificación del dispositivo seguido de una dirección de registro. Se puede acceder a registros posteriores de forma secuencial hasta que es ejecutada una condición STOP. Cuando VCC cae por debajo de $1,25 \times V_{BAT}$ un dispositivo en curso rescinde el acceso y restablece el contador de dirección de dispositivo. En este momento, pueden no ser reconocidas entradas al dispositivo para evitar que se escriban datos erróneos en el dispositivo por fuera de tolerancia del sistema. Cuando VCC cae por debajo de VBAT el dispositivo conmuta a batería de baja corriente modo de seguridad. Tras el encendido, el dispositivo conmuta de la batería a VCC VCC cuando es mayor que VBAT + 0,2 V y reconoce las entradas cuando VCC es mayor de $1,25 \times V_{BAT}$. El diagrama de bloques de la Figura 2.33 muestra los principales elementos del RTC serie.

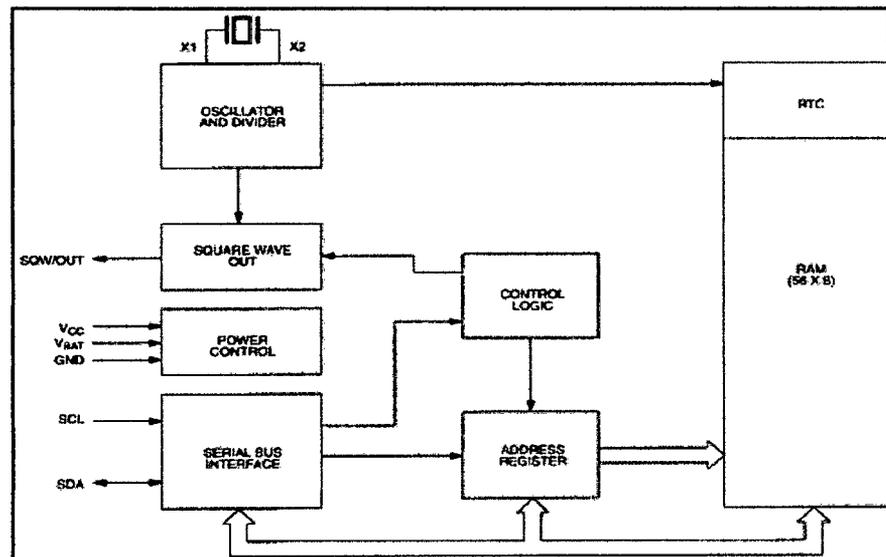


Figura 2.33 Diagrama de bloques del ds1307. (Fuente: Hoja de datos del fabricante.)

Descripción pines del DS1307.

VCC, GND - La alimentación DC del dispositivo se ofrece en estos pines. VCC es entrada de +5 V. Cuando se aplican 5V dentro de límites normales, el dispositivo es totalmente accesible y los datos pueden ser escritos y leídos. Cuando una batería de 3V se conecta al dispositivo y VCC es inferior a $1,25 \times V_{BAT}$, se inhiben lectura y escritura. Sin embargo, la función de la hora normal no se ve afectada por la baja tensión de entrada. Como VCC caiga por debajo de V_{BAT} , la RAM y el cronometro se cambian a la fuente de energía externa (nominal 3.0V DC) en V_{BAT} .

VBAT - Entrada de Batería para cualquier célula de litio estándar 3V u otra fuente de energía. El voltaje de la batería debe ser mantenido entre 2,0 V y 3,5 V para su correcto funcionamiento. La tensión nominal de protección de escritura punto de disparo en el cual el acceso al RTC y la memoria RAM de usuario es denegado, es fijado por el circuito interno como nominal $1,25 \times V_{BAT}$. Un batería de litio con 48mAh o mayor mantendrá traducción libre por V. García. 09-11-2.009 3copia de seguridad del DS1307 durante más de 10 años en ausencia de energía a 25 ° C.

SCL (Serial Clock Input) - SCL se utiliza para sincronizar el movimiento de datos en la interfaz de serie.

SDA(Serial Data Input/Output) - SDA es el pin entrada/salida para el interfaz 2-hilos serie.

El SDA es el pin de drenaje abierto, que requiere una RPA (Resistencia de Polarización a Alto externa).

SQW/OUT (Square Wave/controlador de salida) - Estando habilitado, el bit SQWE se fija en 1, el pin SQW/OUT es la salida de una de las cuatro frecuencias de onda cuadrada (1Hz, 4 kHz, 8 kHz, 32 kHz). El pin SQW/OUT es de drenaje abierto y requiere una RPA(resistencia de polarización a alto externa). SQW/OUT funcionará con cualquiera Vcc o Vbat aplicada.

X1, X2 - Conexiones para un cristal de cuarzo estándar 32.768kHz. El circuito oscilador interno está diseñado para funcionar con un cristal con una capacitancia de carga específica (CL) de 12.5pF.

Para obtener más información sobre la selección de cristal y las consideraciones de diseño de cristal, por favor, consulte Aplicación de Nota 58, "Crystal Consideraciones con Dallas Real-Time Clocks." El DS1307 también puede ser impulsado por un oscilador externo de 32.768kHz. En esta configuración, el pin X1 está conectado con el oscilador externo de la señal y el pin X2 está flotando.

Rtc y RAM mapa de direcciones

El mapa de direcciones para registros del RTC y RAM del DS1307 es mostrado en la Figura 2.34. Los registros de RTC están situados en localizaciones de dirección 00h a 07h.

Los registros RAM están situados en dirección de localizaciones 08h a 3Fh. Durante un acceso multi-byte, cuando el puntero llega a la dirección 3Fh, el fin del espacio de RAM, envuelve alrededor a la localización 00h, el principio del espacio de reloj.

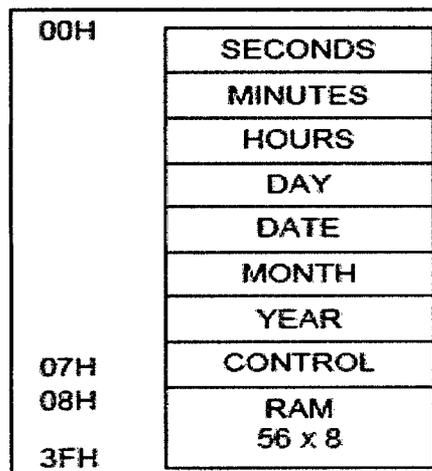


Figura 2.34 Mapa de direcciones para registros y RAM del DS1307.

(Fuente: Hoja de datos del fabricante.)



Registro de control.

En el DS1307 el registro de control se usa para controlar el funcionamiento del pin SQW/OUT.

Tabla 2.6 Registro de control del DS1307

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0

Fuente: Hoja de datos del fabricante

Bit 7: OUT (Output control - control de Salida): Este bit controla el nivel de salida del pin SQW/OUT cuando la salida de onda cuadrada es inutilizada. Si SQWE = 0, el nivel lógico en el pin SQW/OUT es 1, si OUT = 1 y SQW/OUT es 0 si OUT = 0.

Bit 4: SQWE (Square Wave Enable - Onda Cuadrada Habilitada): Este bit, cuando se establece a lógica 1, habilita la salida del oscilador. La frecuencia de onda cuadrada de salida depende del valor de los bits RS0 y RS1. Con la onda cuadrada de salida establecida a 1Hz, el reloj registra la actualización sobre el borde decreciente de la onda cuadrada.

Bits 1, 0: RS (Rango Seleccionado): Estos bits controlan la frecuencia de onda cuadrada de salida cuando han habilitado la salida de onda cuadrada.

2.2.13 Humedad relativa

La humedad relativa (HR) es la medida de cuanta humedad expuesta como vapor de agua está 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 pérdida 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.

2.2.14 Temperatura

La temperatura rectal de un pollo está situada entre los 37,5 °C (al nacer) y los 41,5 °C (15 días). Es muy importante que los animales se mantengan en la zona de neutralidad térmica, zona donde las aves se sienten confortables y que varía con la edad y depende de otros factores como la humedad relativa del ambiente.

Las aves no tienen un control eficiente de su temperatura hasta los 15-20 días, en que se comportan como un animal homeotermo. La temperatura corporal de un pollito recién nacido depende de la temperatura ambiental por ello se tienen que dar la temperatura que necesitan.

2.2.15 Morbilidad del pollo¹²

Indica la cantidad de animales que se enferman en el lote, se expresa también en porcentaje. Estos dos índices son muy importantes, pues nos dan pautas que orientan significativamente en el diagnóstico. La morbilidad, es la proporción de los pollos que se enferman en un lugar durante un periodo de tiempo determinado en relación con la población total de ese lugar. Para el experimento de nuestra investigación hemos tomado los galpones de la "Asociación Agropecuaria Palca Perú"

¹²<http://www.senasa.gov.ar/Archivos/File/File1888-manualaves.pdf>

2.2.16 Retardo de crecimiento del pollo¹³

El crecimiento es una característica de desarrollo de los animales pluricelulares que traduce el aumento de tamaño físico del organismo. El desarrollo somático o crecimiento corporal es un proceso altamente complejo que requiere de dos premisas fundamentales: carga genética (ADN) y alimentación, en donde la primera aporta la información de la especie y del individuo heredada de los padres mientras la segunda aporta los nutrientes requeridos para el óptimo desarrollo. Crecer es por lo tanto un proceso multifactorial y complejo que comprende fenómenos de aumento de tamaño (hipertrofia) y cantidad (hiperplasia) de los tejidos.

Este es un diagnóstico muy general, con muchas causas posibles. No obstante, lo que es común a todos los casos es que el pollito no gana peso como cabría esperar según los patrones que definen la normalidad, lo que a menudo va acompañado de un escaso aumento del peso que va relacionado con el tamaño del pollo.

En este caso puede haber muchas causas, desde una alimentación poco variada a un problema infeccioso, tanto en el tracto digestivo como en cualquier otro órgano vital, parásitos y otros. Esto se previene con una higiene correcta en el galpón, temperatura requerida de acuerdo a su edad y con una ventilación adecuada.

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

El control de temperatura y humedad del climatizador automático reduce significativamente la morbilidad y retardo de crecimiento de pollos.

2.3.2 Hipótesis específicas

- El porcentaje de reducción de la morbilidad en el galpón de pollos por semana es del 50%.
- El porcentaje de reducción del retardo de crecimiento en el galpón de pollo por semana es del 20%.

¹³<http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/MATERIAL%202012/Fisiologia%20crecimiento.pdf>

27

2.4 Variables de Estudio

2.4.1 Variable independiente

X1: Climatizador automático (CA)

Indicadores

T = Temperatura (°C)

HR = Humedad relativa (%)

2.4.2 Variable dependiente

Y1: Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón (%Morb)

Y2: Porcentaje de retardo de crecimiento de pollos en el galpón (%R_{CREC})

Indicadores

n_{PE} = Numero de pollo enfermos en el proceso

n = Tamaño de la muestra o población de pollo expuesta al riesgo

P_{FINAL} = Peso promedio del pollo al final del proceso (g)

P_{OPTIMO} = Peso óptimo del pollo al final del proceso (g)

2.5 Definición Operativa de Variables e Indicadores

Tabla 2.7 Variable dependiente e independientes

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	VARIABLES		INDICADORES
$\%Morb = f(CA)$ $\%R_{CREC} = f(CA)$	Dependiente	Y1: Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón $\%Morb = \left(\frac{n_{PE}}{n}\right) \times 100\%$	n _{PE} n
		Y2: Porcentaje de retardo de crecimiento de pollos en el galpón $\%R_{CREC} = \left(\frac{P_{OPTIMO} - P_{FINAL}}{P_{OPTIMO}}\right) \times 100\%$	P _{FINAL} (g) P _{OPTIMO} (g)
	Independiente	X1: Climatizador automático (CA)	HR(%) T(°C)

Climatizador Automático (CA).- Se encarga de ejecutar de manera automática las acciones del proceso de control según las variables temperatura y humedad.

Porcentaje de Morbilidad(%Morb) y porcentaje retardo decrecimiento de pollos (%R_{CREC}).

Son las variables dependientes representan a la característica propia de la actividad productiva de las aves en galpones los cuales se encuentra susceptibles a la mortandad y crecimiento durante el periodo de experimentación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 **Ámbito de Estudio**

El ámbito del proyecto de investigación está circunscrito a lo siguiente:

3.1.1 **Geográficamente**

Región	: Huancavelica
Provincia	: Huancavelica
Distrito	: Palca.
Zona	: Rural
Localidad	: Barrio Túpac Amaru
Longitud	: 74°58'45"
Latitud	: 12°39'15"
Altitud	: 3,650 m.s.n.m.

3.1.2 **Limites:**

Por el Norte	: Con el Distrito de Huando.
Por el Sur	: Con los Distritos de Hvca. y Ascensión.
Por el Este	: Con el Distrito de Acoria.
Por el Oeste	: Con el Distrito de Huando.

3.1.3 **Galpón Artesanal de la "AAPP"-Palca**

Características del galpón.

El galpón tiene la siguiente medida:

Largo: 7 metros

Ancho: 4 metros

Superficie: 28 metros cuadrados

La altura al borde exterior del alero es de 2.00 metros y la altura al nivel de la cumbrera elevada es de 2,80 metros.

El tipo de construcción es de material rustico (tapial), con techo de calamina con una ventana de 1.20x0.8m.

3.2 Tipo de investigación

Investigación tecnológica, es la actividad que, a través de la aplicación del método científico, está encaminado a descubrir nuevos conocimientos (investigación básica) a la que posteriormente se buscan aplicaciones prácticas (investigación aplicada) para el diseño o mejoramiento de un producto, proceso industrial o maquinaria y equipo para el caso de nuestra investigación con los conocimientos de la electrónica se pretende solucionar el problema de la morbilidad y retardo de crecimiento de pollos que se cría de forma artesanal. Para ello se diseñó un climatizador automático que brinde las condiciones ambientales que requieren los pollos en su crecimiento.

3.3 Nivel de Investigación

Nivel Experimental, para ello se hizo el diseño, implementación y pruebas en laboratorio del climatizador automático luego llevado al galpón avícola donde se hizo las pruebas, para ver los resultados en qué medida la influye el climatizador automático en la morbilidad y retardo de crecimiento de pollos que vienen a ser las variables dependientes esto se desarrolla ampliamente en el capítulo de resultados del presente informe de investigación.

3.4 Método de Investigación

Los métodos propios de la investigación científica; Observación, analítico-sintético, deductivo inductivo y experimental.

3.5 Diseño de Investigación

Para ejecutar el presente proyecto se utilizó el diseño experimental estos diseños llegan a incluir una o más variables independientes y uno o más dependientes. En realidad en nuestro diseño, se trata de comparar dos grupos distintos (muestras independientes: distinto sexo, distintas clases, etc.). Sólo tenemos O2, es decir, nos falta O1 o pretest. Se puede decir que se trata de un diseño experimental si los sujetos están asignados aleatoriamente a ambos grupos. Comparar las medias de dos grupos, con o sin asignación aleatoria, es un planteamiento sencillo y frecuente.

Si hay asignación aleatoria a los dos grupos, tendremos más garantía de que los grupos estarían igualados en un pretest o punto de partida y en otras variables importantes o que pueden influir en los resultados. Si los sujetos se asignan

74

aleatoriamente a los dos grupos, experimental y control, la semejanza inicial de ambos está más asegurada en la medida en que los grupos sean grandes (McGuigan, 1997).

Grupo Experimental	--	X	O ₂
Grupo de Control	--	-	O ₂

- GE : Grupo experimental, recibe tratamiento
- GC : Grupo control, no recibe tratamiento
- X : Tratamiento, estímulo, reactivo experimental
- O₂ : Medición que se hace a uno más grupos a través de pruebas, cuestionarios, observaciones, etc.
- : Ausencia de tratamiento.

3.6 Población, Muestra y Muestreo.

Población.- Está constituida por 400 pollos de la granja de la "Asociación Agropecuaria Palca-Perú" del distrito de Palca provincia y región Huancavelica.

Muestra.- El tamaño de la muestra de pollos estará dividido equitativamente de la población total; 200 para grupo control y 200 para grupo experimental.

Muestreo.- Para seleccionar las unidades de análisis de la población de estudio, se utilizó el tipo muestreo no probabilístico de criterio conveniente.

N = 400 (Tamaño de la Población)

n = 200 (Tamaño de la muestra)

3.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Es un aspecto muy importante en el proceso de una investigación, es el que tiene relación con la obtención de la información, pues de ello depende de la confiabilidad y valides de estudio. Obtener información confiable y valida requiere cuidado y dedicación. Esta etapa de recolección de información de investigación se conoce como toma de datos.

Técnicas de recolección de datos.- En la actualidad, en investigación científica hay gran variedad de técnicas o instrumento para la recolección de información en el trabajo de campo de una determinada investigación. De acuerdo con el método y el tipo de investigación a realizar, se utiliza unas u otras técnicas.

En la presente investigación, se ha empleado las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnica de la observación: Esta técnica nos ha permitido obtener la información durante el estudio y desarrollo de la investigación, para ello se ha elaborado tablas donde se registraron la morbilidad y crecimiento de los pollos.

Técnica de la estadística: Esta técnica nos ha permitido la comprobación de la hipótesis de nuestra investigación planteada.

Instrumentos de recolección de datos.- Son los medios o recursos que se elaboran y se aplican para registrar los datos hallados en la muestra de acuerdo a los indicadores que tenemos.

Los instrumentos que se emplearon en la presente investigación con la finalidad de medir las variables de estudio, y así obtener los datos para el análisis estadístico son los siguientes.

Termómetro: Mediante este instrumento hemos realizado las mediciones de la temperatura ambiental en el interior del galpón de pollos, y así obtenemos los datos de la medición durante la investigación de la variable experimental.

Hidrómetro: Mediante este instrumento hemos realizado las mediciones de la humedad relativa en el interior del galpón de pollos, y así obtenemos los datos de la medición durante la investigación de la variable experimental.

Validez y confiabilidad del instrumento de medición.- Consiste en medir el efecto que la variable independiente tiene en la variable dependiente. Esto es igualmente y como en la variable dependiente se observa el efecto, toda vez que la medición debe ser válida y confiable.

La confiabilidad se calcula y evalúa para todo el instrumento de medición utilizada, o bien si se administraron varios instrumentos se determinan para cada uno de ellos.

Para determinar La confiabilidad y la validez del instrumento de medición en la presente investigación se utilizo la validación de criterio queda definido como la

medida externa que existe con anterioridad al instrumento en cuestión y que es aceptado por expertos como un índice adecuado o satisfactorio de la característica que el nuevo instrumento pretende medir. En este caso para nuestra investigación utilizamos un equipo estándar, calibrado y validado que se encuentra en el mercado que es el TERMO-HIGRÓMETRO modelo: 91000-006/A

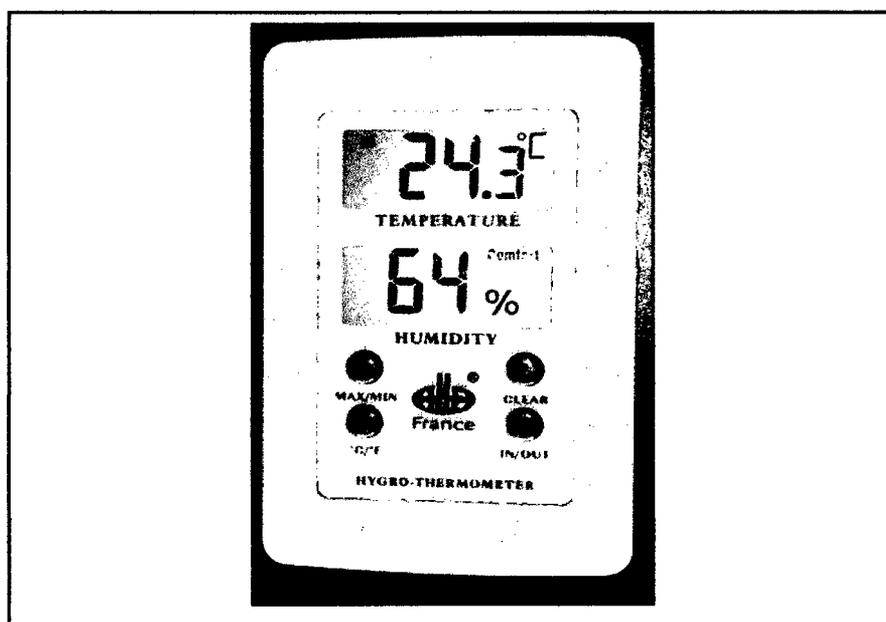


Figura 3.1 Termo-Higrómetro modelo #91000-006/A
Fuente:(www.allafrance.com/products/digital-thermometers-c-31_32.html)

DESCRIPCIÓN:

TERMO-HIGRÓMETRO DOBLE PANTALLA

Resolución: 0.1° / 1% RH

Precisión: $\pm 1^{\circ}\text{C}$ / $\pm 2^{\circ}\text{F}$ / $\pm 5\%$ RH

Funciones termómetro : MÁX/MÍN - INT/EXT

Función higrómetro : INT

Doble pantalla - Cable : 200 cm

3.8 Procedimiento de recolección de datos

Para el procedimiento de recolección de los datos de nuestra investigación se tuvo en cuenta los siguientes momentos.

- Determinación del lugar y/o ambiente experimental.

- Elaboración, calibración y validación de los instrumentos de medición y de investigación.
- Elaboración del sistema experimental y descripción del tratamiento experimental.
- Determinación del grupo control y experimental.
- Tratamiento experimental en el grupo experimental.
- Clasificación, estimación y tabulación de datos.
- Análisis e interpretación de los resultados.

3.9 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

El procesamiento y análisis de datos comprende en primer lugar el modelamiento de la base de datos, medición y registro de la información según los índices, campos y atributos que caracteriza a cada dato, esta actividad se desarrolló con el uso del software Excel. A continuación luego de almacenado la información, éstos son sometidos a un análisis estadístico con el SPSS y para observar la curva de respuesta y así medir la eficiencia del producto.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

En esta sección del presente informe final de tesis titulado “Control de temperatura y humedad de un climatizador automático para la reducción de la morbilidad y retardo de crecimiento de pollos”; se presentan los resultados obtenidos durante todo el proceso de investigación en concordancia al objetivo propuesto de medir la reducción de la morbilidad y crecimiento de pollos al climatizar automáticamente a un galpón avícola. El contenido de este capítulo tenemos el desarrollo y la presentación de los circuitos electrónicos, la medición de la temperatura y humedad relativa, el diagrama de flujo del sistema de control, procesamiento de dato. Finalmente se presenta los resultados obtenidos de la morbilidad y crecimiento de pollos en periodos de semanas.

4.1.1. Diseño e Implementación

En la figura 4.1 se muestra el diagrama de bloques general del sistema diseñado. En el lado izquierdo tenemos el bloque de la estación de control y en el lado derecho el galpón avícola de la misma forma en la figura 4.2 se muestra el diagrama esquemático del sistema implementado donde el bloque de la estación de control está compuesto de (una PC para la interfaz gráfica de control y monitoreo), (microcontroladores PIC que se encarga de manejar todos los periféricos de entrada y salida de datos a controlar que es el cerebro del sistema), (módulo de reloj calendario que genera la hora y fecha del sistema), (Display LCD quien despliega la información de temperatura, humedad relativa, fecha y hora del sistema), (servomecanismo para el control de paso de gas para el calefactor), (etapa de potencia para los ventiladores y extractores). En el bloque del galpón avícola tenemos

(sensores de temperatura y humedad relativa), (actuadores que son el ventilador, extractor, campana de calefacción de gas y el microaspersor).

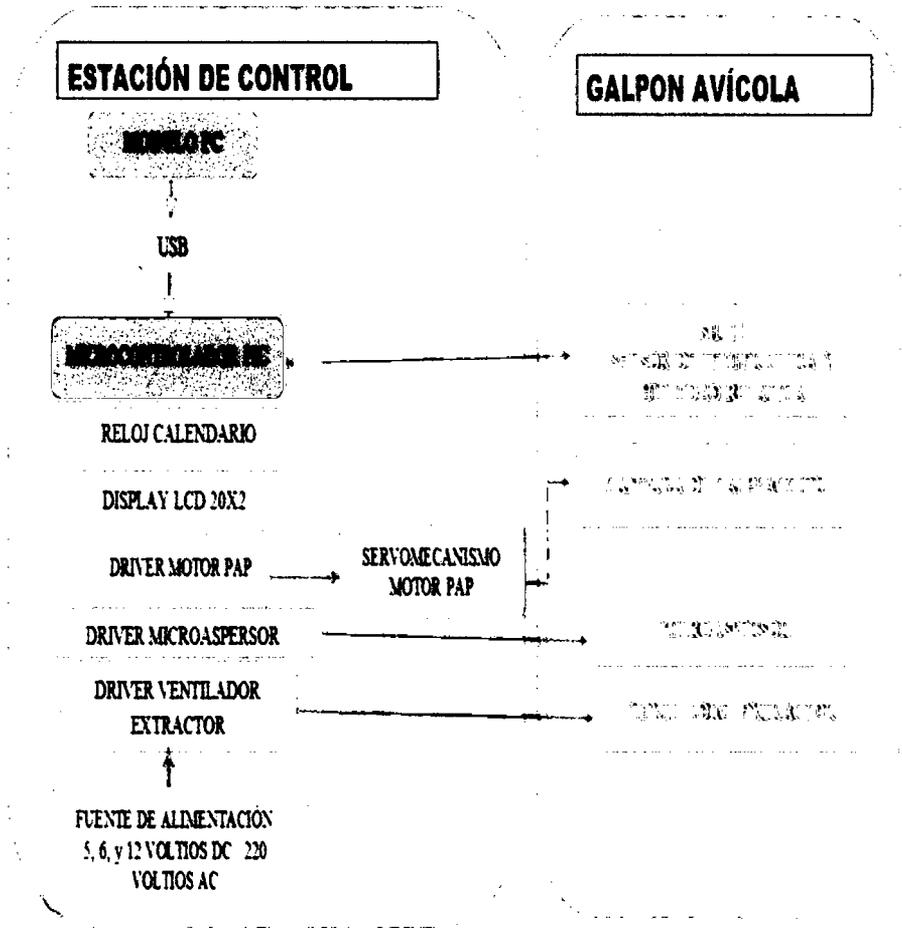


Figura 4.1 Diagrama de bloques general del sistema diseñado.

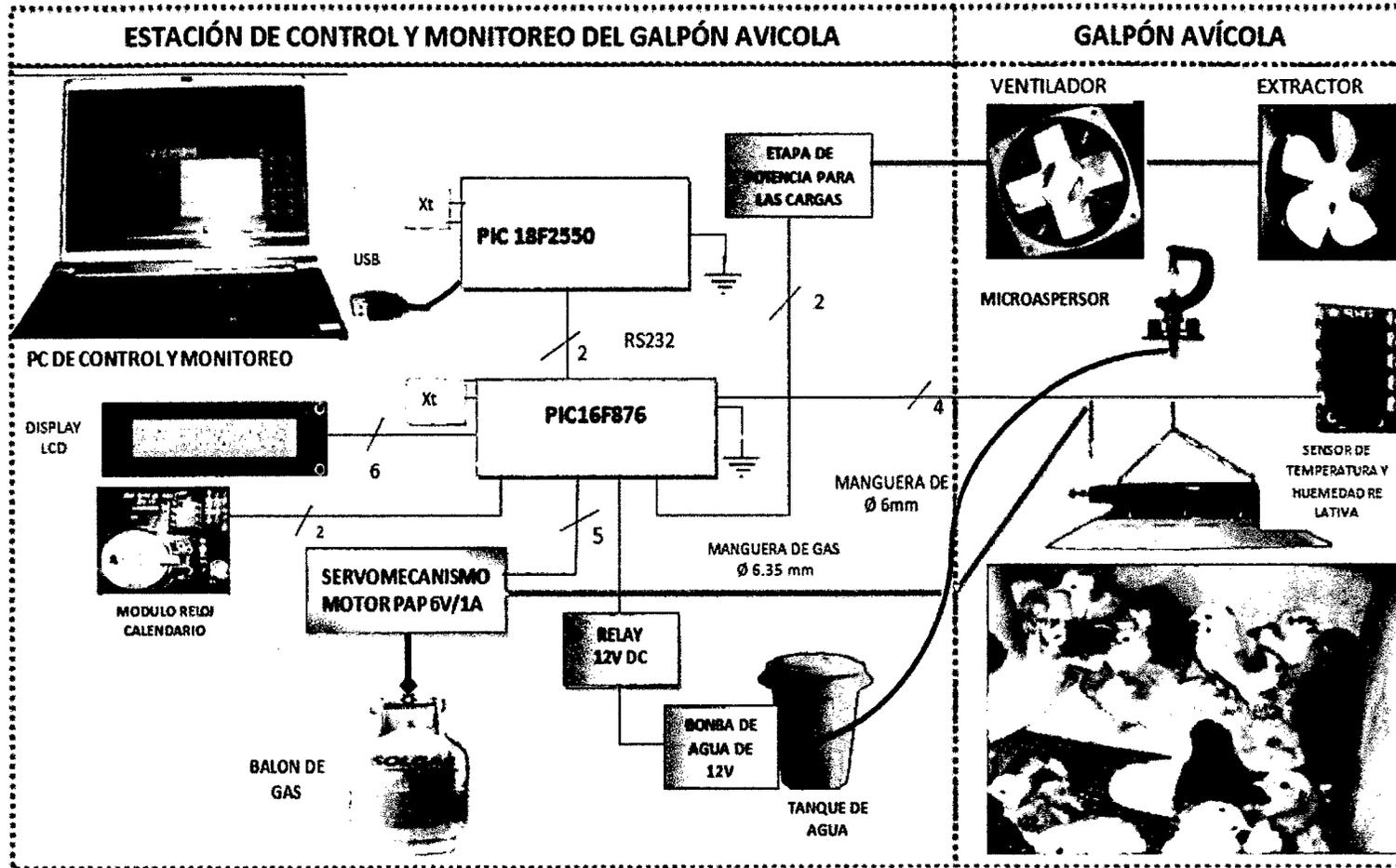


Figura 4.2 Diagrama esquemático del climatizador automático.

Todo sistema de control sigue un esquema, como muestra la Figura 4.3, requiere un primer elemento que se encargará de tomar los datos necesarios para controlar el proceso, este es el sensor. Los datos recolectados por el sensor deben ser analizados para poder controlar el proceso mediante un controlador, el mismo que enviará las ordenes adecuadas a los actuadores para completar el proceso.

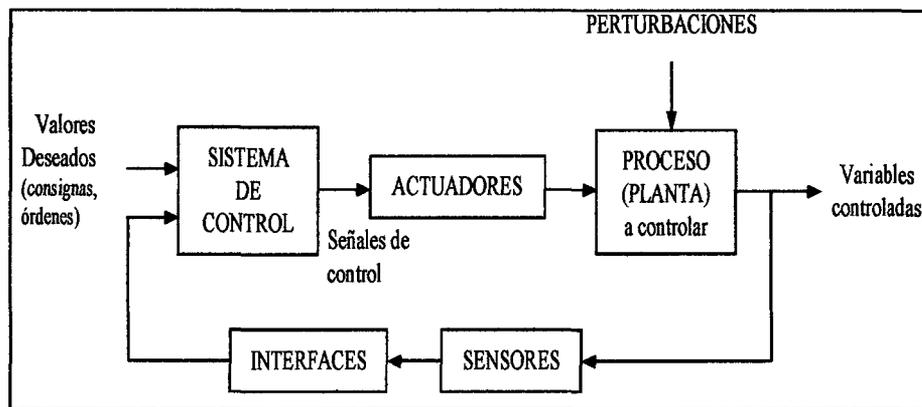


Figura 4.3 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado. (Fuente: Sistemas de control automático. Kuo Benjamín C.)

Siguiendo este esquema, más adelante se puntualizarán las características de cada sistema y su funcionamiento.

El Sistema de Control de Temperatura y humedad relativa, los dos conforman un único sistema que operará con un mismo controlador, por esta razón, la explicación concerniente al sistema de control será expuesta más adelante.

4.1.2. Sistema de Control de Temperatura y Humedad Relativa

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.

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

4.1.3 Diseño

Para iniciar el diseño para el Sistema de Control de temperatura y humedad relativa objeto de este estudio será necesario definir el sensor a utilizar, exponer sus características y demás especificaciones técnicas de conexión y uso.

4.1.3.1 El sensor de temperatura y humedad relativa

El sensor de temperatura y humedad relativa será instalado en el interior del galpón y deberá trabajar bajo las condiciones ambientales del lugar.

Ante la necesidad de medir la temperatura y la humedad se presentan varias alternativas, el uso de sensores analógicos o digitales.

4.1.3.2 Controlador

El controlador será el encargado de recolectar los datos enviados desde los diferentes sensores, procesarlos y enviar las señales pertinentes para accionar los actuadores siguiendo una lógica de control que será analizada en el capítulo siguiente.

Para desarrollar el proyecto en cuestión, se ha decidido trabajar con un Circuito Integrado Programable (PIC), por varias razones, entre ellas, el conocimiento respecto al manejo de estos dispositivos, además que por su construcción y características, los Picas se utilizan muchas aplicaciones

4.1.3.3 Actuadores

Los actuadores son los encargados de realizar los correctivos necesarias, estas acciones son indicadas por el controlador luego de procesar los datos recolectados por los sensores, para mantener el sistema dentro de los parámetros de funcionamiento establecidos para la crianza de pollos en los galpones, motivo de este proyecto.

Los galpones propiedad de la Asociación Agropecuaria Palca Perú usan la acción de tres elementos principales que son: Ventiladores (Infractores y Extractor), Calentadores a Gas y micro aspersor (Nebulizador) para mantener en un nivel aceptable las condiciones de crianza de los pollos, estos serán los actuadores del sistema de control, por lo que a continuación se mencionan sus características básicas, especificaciones técnicas y proceso de funcionamiento.

a.- Ventiladores

Los ventiladores juegan un papel muy importante debido a que la principal causa de muerte de las aves en el período de crianza son las altas temperaturas. Se requiere usar la ventilación durante el período de crianza para mantener la temperatura y la humedad relativa a los niveles correctos, permitiendo suficiente recambio de aire para impedir la acumulación de gases nocivos, lo cual asegura el aporte de aire fresco para los pollos a intervalos frecuentes y regulares.

Las características técnicas de los ventiladores se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Características del Ventilador

VENTILADOR	ESPECIFICACIONES TECNICAS
	Entrada: 220VAC 60Hz Potencia: ¾ HP Velocidad: 1740 RPM Factor de Potencia: 0.66
	Cantidad por Galpón: 1

Funcionamiento:

El galpón está provisto de 2 ventiladores que sirven el primero como extractor y el segundo como intractor, para conseguir el efecto de cambio de aire, el controlador envía la señal que enciende o apague el ventilador para mantener las variables a controlar en los rangos que se requiere para la crianza de los pollos.

b. Calentadores

El calor también es necesario en la crianza de los pollos, especialmente en los primeros días donde la temperatura adecuada es superior a los 30oC, para proporcionar un ambiente de estas características se utilizan calentadores a gas, más conocidos como criadoras, cuyas características se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Calefactor a Gas.

CALEFACTOR	
CAMPANA A GAS	ESPECIFICACIONES TECNICAS
	CATEGORIA GAS: I3P Propano Presión de conexión: 5-200 mbar Tasa Nominal: 5.5 kW Consumo de Gas: 400
	Cantidad por Galpón: 1

Funcionamiento

Las criadoras y/o calefactor están conectadas a un balón de Gas Licuado de Petróleo, el paso del gas es controlado por una llave que esta acoplado a un motor PAP Unipolar la misma que permiten alimentar el calefactor y graduar su intensidad de calor.

4.1.4 Hardware de Control

Etapa de Potencia

Esta etapa es la encargada de conmutar las cargas de 12Vcc y 220Vca, debido a que estas tensiones, no son las normales de trabajo de microcontroladores, las cuales están en torno a los 5Vcc. Deben tomarse por lo tanto, unas medidas de protección adicionales para no destruir el circuito del microcontrolador.

A la etapa de potencia (Figura 4.4) llegan las señales de activación/desactivación de las cargas procedentes del microcontrolador, esto es, 5Vcc para nivel alto, 0Vcc para nivel bajo.

En el reloj están grabados los datos de la fecha actual del sistema, ésta será almacenada en la memoria EEPROM del microcontrolador, esto significa que al correr el programa se

graban los datos y cuando se apague el sistema no es necesario igualarlo porque no se borran, esto es muy importante hasta culminar el periodo de control, debido a que depende de los días transcurridos para dar las diferentes temperaturas al transcurso de las semanas. En la figura 4.4 se indica la conexión del DS1307 con el Microcontrolador y el esquema de etapa de potencia que envía señales que controla el estado de las cargas.

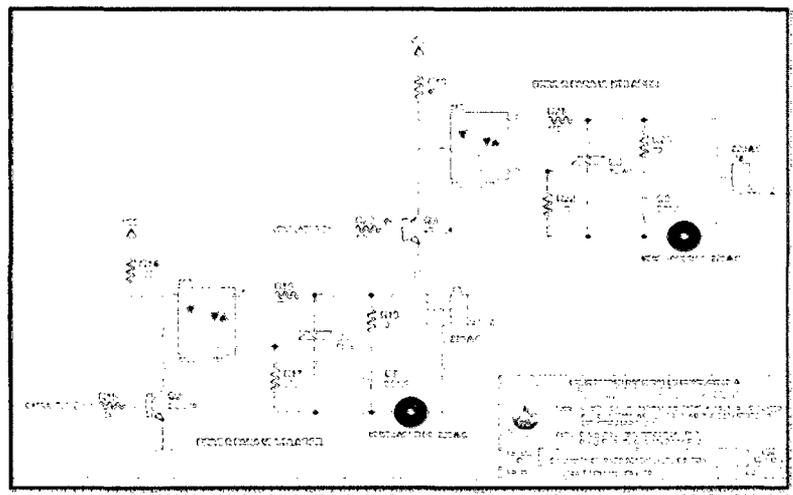
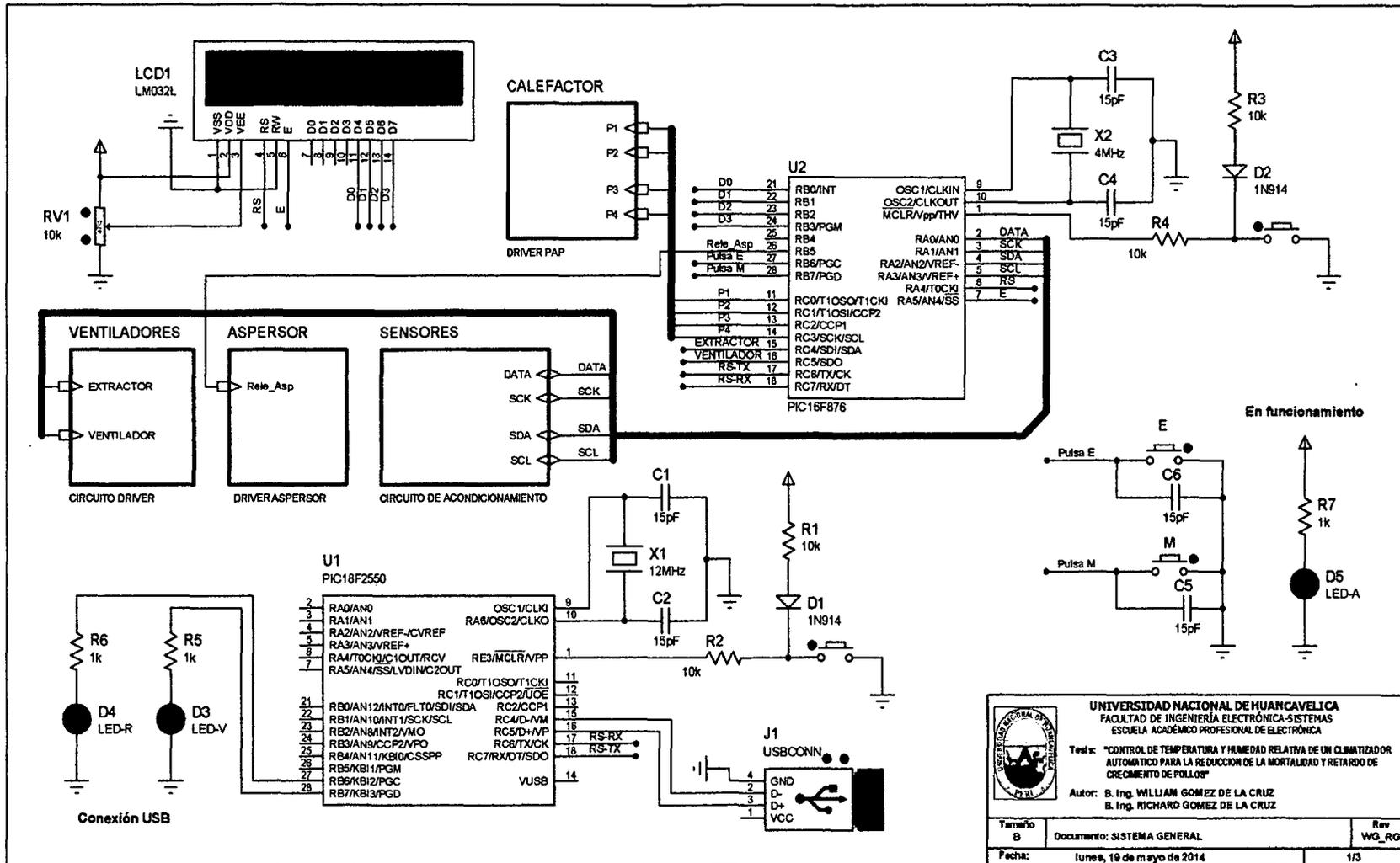


Figura 4.4 diagrama del circuito electrónico de la etapa de potencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYVELLA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA-SISTEMAS
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE ELECTRONICA

Tesis: "CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DE UN CLIMATIZADOR AUTOMÁTICO PARA LA REDUCCION DE LA MORTALIDAD Y RETARDO DE CRECIMIENTO DE POLLOS"

Autor: B. Ing. WILLIAM GOMEZ DE LA CRUZ
 B. Ing. RICHARD GOMEZ DE LA CRUZ

Tamaño B	Documento: SISTEMA GENERAL	Rev WG_RG
Fecha: lunes, 19 de mayo de 2014		1/3

Figura 4.5 Esquema electrónico completo del climatizador automático.

4.1.5 Desarrollo del software

El desarrollo del software es fundamental en el diseño del Sistema de Control, por un lado está el controlador y las acciones que este deberá ejecutar tomando en cuenta las condiciones de entrada y por otro lado, está la interfaz de usuario necesaria para realizar el monitoreo del sistema, elaborar reportes, etc.

El controlador por sí solo no puede tomar decisiones, es su programa interno el que define cada una de las acciones respondiendo a los estímulos de entrada.

Sala de control

Es en donde le permite al usuario visualizar y monitorear el funcionamiento del sistema de una manera gráfica, totalmente ilustrativa y sin complicaciones del sistema aplicado desde el computador a través del aplicativo realizado en LabView con interface USB a través del microcontrolador PIC18F2550.

Lógica de control

El Sistema de Control tema de este estudio, es básicamente un sistema en lazo cerrado, en el cual los actuadores deberán accionarse cuando las condiciones de entrada proveniente de los sensores no coincidan con las condiciones adecuadas para la crianza de los pollos.

a.- Sistema de control de temperatura

Como ya se ha indicado en capítulos anteriores, las condiciones óptimas para la crianza de aves están estrechamente relacionadas con la temperatura y esta a su vez se rige al paso de los días en el tiempo de crianza, es decir, la edad de las aves, así como se anota en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Requerimiento de la temperatura y humedad en el proceso de la crianza.

Día	Rango de temperatura		Rango de humedad relativa	
	Minima(°C)	Máxima(°C)	Minima	Máxima
1	31	34	30%	50%
2	31	34	30%	50%
3	31	34	30%	50%
4	31	34	30%	50%
5	31	34	30%	50%
6	31	34	30%	50%
7	31	34	30%	50%
8	27	30	40%	60%
9	27	30	40%	60%
10	27	30	40%	60%
11	27	30	40%	60%
12	27	30	40%	60%
13	27	30	40%	60%
14	27	30	40%	60%
15	23	26	50%	60%
16	23	26	50%	60%
17	23	26	50%	60%
18	23	26	50%	60%
19	23	26	50%	60%
20	23	26	50%	60%
21	23	26	50%	60%
22	19	22	50%	65%
23	19	22	50%	65%
24	19	22	50%	65%
25	19	22	50%	65%
26	19	22	50%	65%
27	19	22	50%	65%
28	19	22	50%	65%
29	15	18	50%	70%
30	15	18	50%	70%
31	15	18	50%	70%
32	15	18	50%	70%
33	15	18	50%	70%
34	15	18	50%	70%
35	15	18	50%	70%

Como se observa en la tabla 4.3 los rangos de temperatura y humedad relativa requerida para la crianza de pollos varía de acuerdo a la edad de los pollos. En tal sentido es muy importante controlar estos parámetros con el proceso de control para el manejo de los actuadores quienes se encargan de controlar las variables de temperatura y humedad relativa para ello se usaran calefactores para aumentar la temperatura y un micro aspersor como nebulizador para aumentar la humedad relativa.

b.- Manejo de Calefactores

En las primeras semanas de vida del pollo las temperaturas que se manejan para la crianza de las aves es relativamente alta y en esta parte de la región que generalmente el clima del ambiente es frío y más aún en la noche, entonces el controlador debe permitir el paso de gas enviando la señal de activación a la llave de apertura para encender los calentadores, esta acción se ejecutará cuando la temperatura medida en el galpón sea menor a la Temperatura mínima admisible.

Una vez que se han encendido los calentadores, se mantendrán en ese estado hasta que la temperatura medida alcance la Temperatura máxima, entonces se apagarán.

La Figura 4.6 Muestra el diagrama de flujo correspondiente al manejo de Calentadores, hecho en base a la explicación anterior en el cual se muestran las señales y variables involucradas.

SA

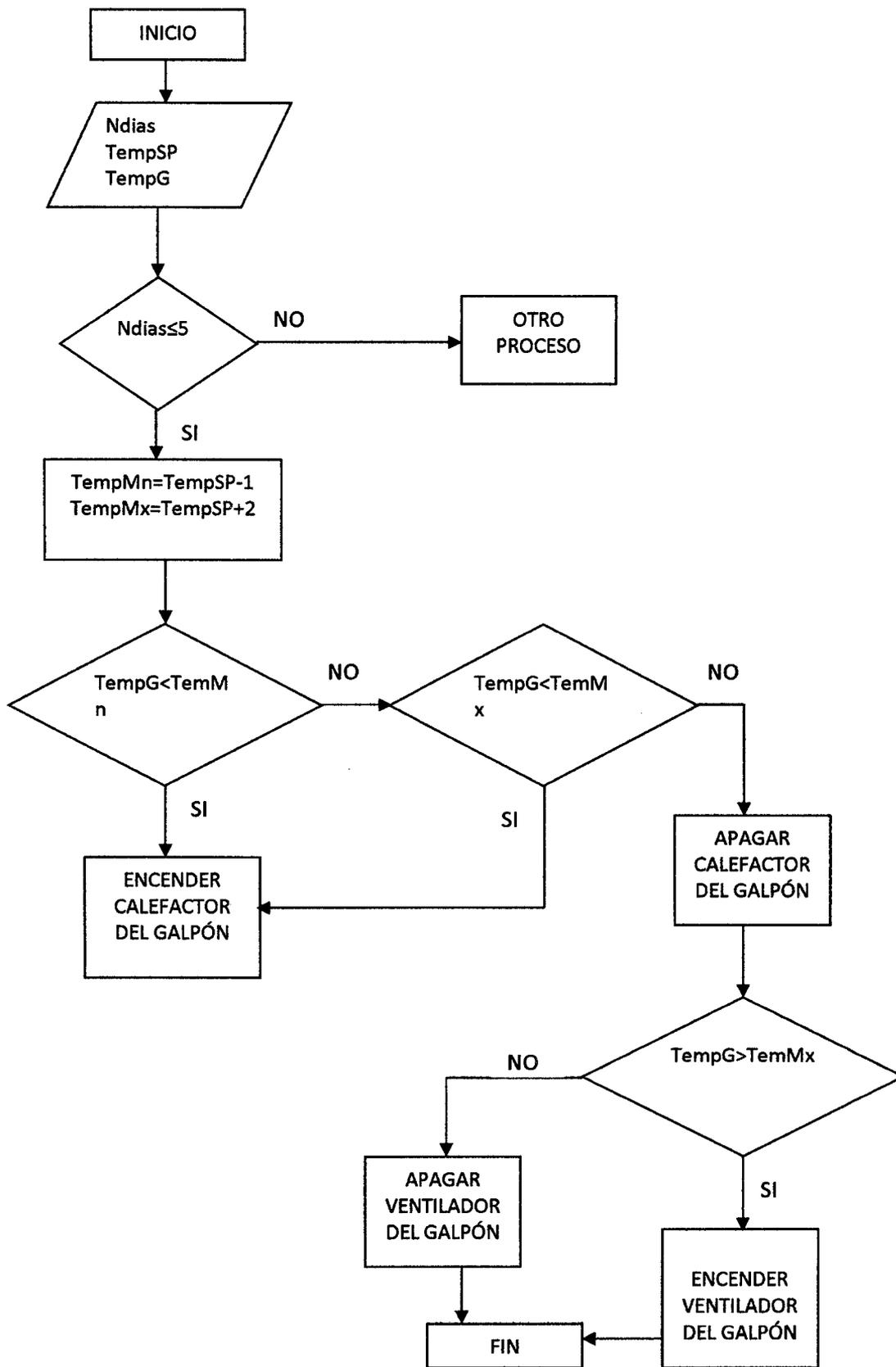


Figura 4.6 Diagrama de flujo para el control de la temperatura

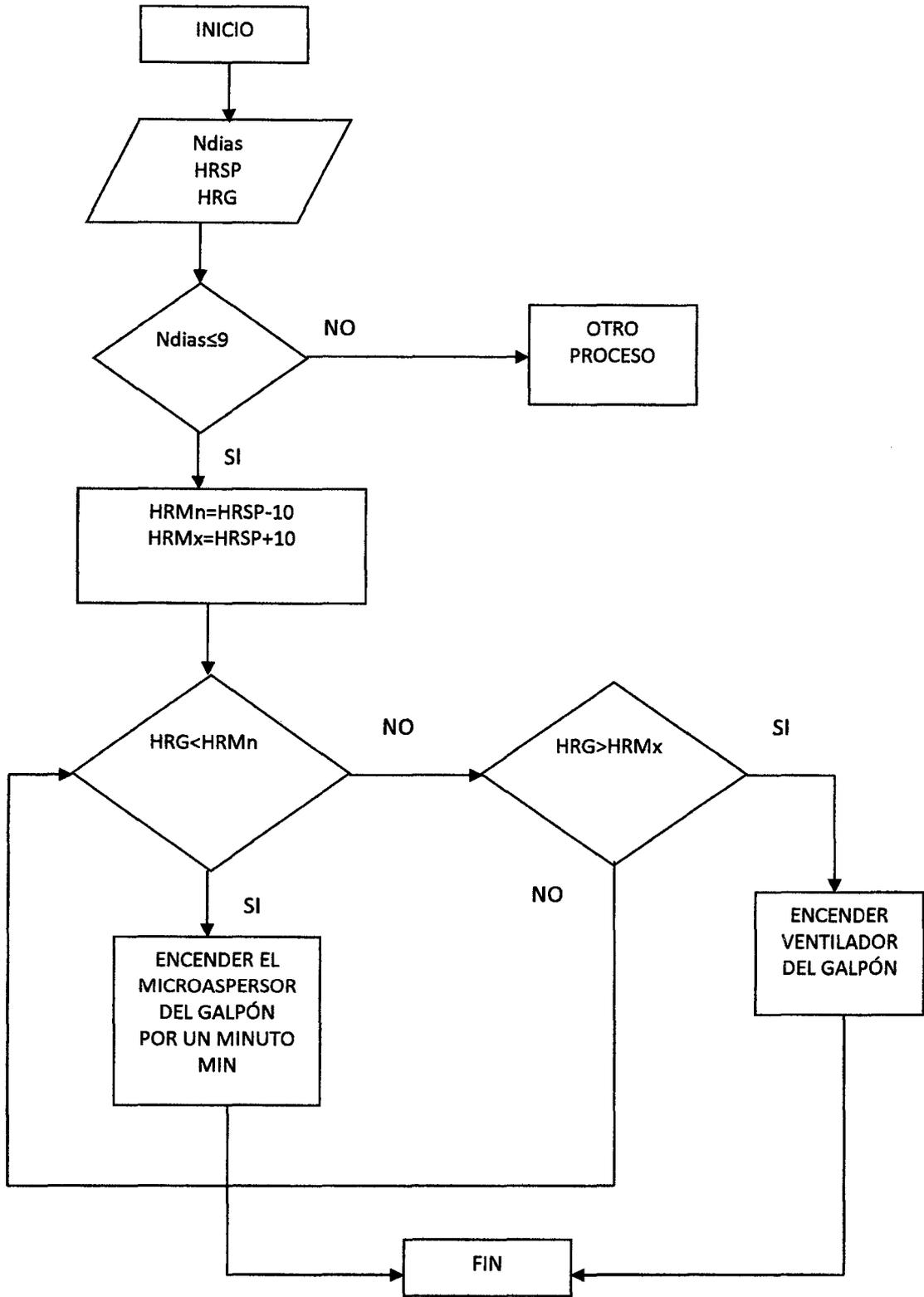


Figura 4.7 Diagrama de flujo para el control de la humedad relativa

4.1.6 Programa de control

El programa de control, necesario para tomar acciones siguiendo todos los parámetros descritos en el presente capítulo, ha sido realizado en el editor de código del programa para el microcontrolador que se desarrolló con en el Compiler CCS el código de programa general se encuentra en el Anexo C del presente informe de investigación.

El programa de automatización inicia con varios bloques en los cuales se realiza el conteo de días, este proceso es necesario debido a que el control depende de la temperatura y la humedad relativa adecuado a la edad de las aves en días.

Así como es necesario el conteo de días también es necesario determinar la temperatura adecuada para ese día específico, entonces se realiza el proceso que controlara la temperatura tomando en cuenta el día a partir de la temperatura de inicio datos sensados en valores de temperatura para luego ser comparados con la temperatura adecuada (rangos de temperatura) y de acuerdo al día, el programa ejecutará la rutina de control correspondiente que activan o desactivan los actuadores.

Programación del Microcontrolador PIC18F2550

El proceso de programación del microcontrolador se realizó en tres etapas:

1. Edición del programa.
2. Compilación y simulación del programa.
3. Grabación del programa en el PIC.

Teniendo en consideración que el objetivo del Sistema es controlar la temperatura y humedad relativa del galpón el circuito controlador debe realizar las siguientes tareas.

- Al encender el sistema, solo al iniciarse muestra en el LCD de 16x2: Un mensaje de bienvenida, título y autor de la tesis.
- Mostrar la fecha, hora y los valores de Temperatura y humedad relativa del galpón de pollos a controlar.
- Transmitir la información hacia la sala de control para su monitoreo.

54

Adquisición de datos y transferencia por USB

Para el presenta proyecto de tesis titulado: "Control de temperatura y humedad de un climatizador automático para la reducción de la morbilidad y retardo de crecimiento de pollos". La tarea de adquisición de datos y transferencia por USB es realizado por el microcontrolador PIC18F2550

Esta es la interface que permite leer los niveles de temperatura y Humedad Relativa del galpón de pollos, la comunicación se realiza por el puerto USB con la configuración de dispositivo USB para el VISA de National Instruments, puesto que la interface es desarrollada en Labview.

Para la comunicación la interface enviará una petición de lectura al microcontrolador para cuyo efecto enviará el código hexadecimal T, al recibir este código el microcontrolador hará la medición de la temperatura y humedad relativa del galpón e inmediatamente enviará las lecturas con una resolución de 8 bits.

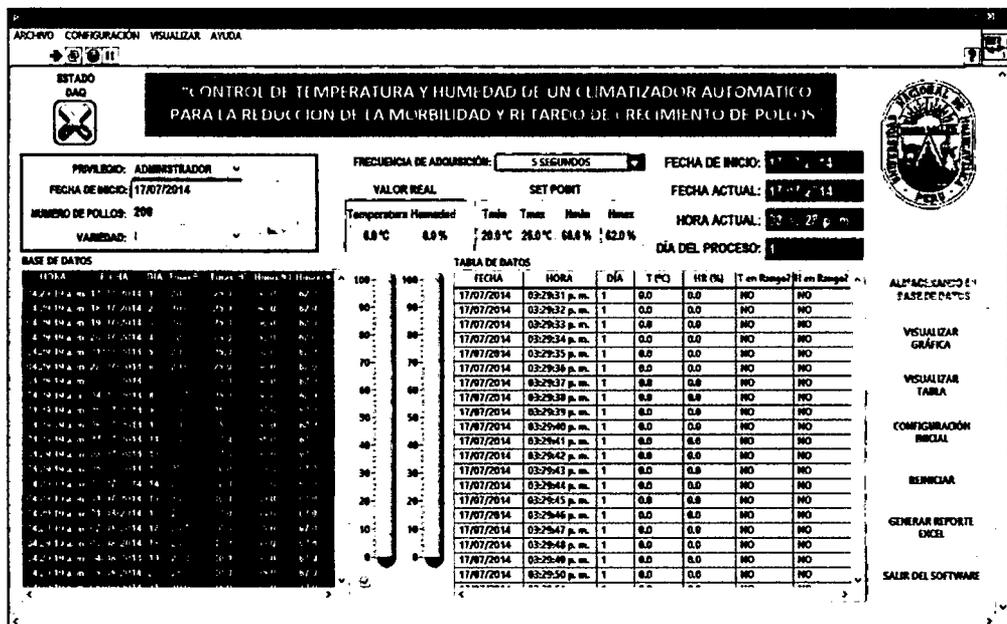


Figura 4.8 Panel frontal de control y monitoreo del climatizador automatico.

Panel frontal de control

En la figura 4.8 se observa todas las características y opciones que cuenta el panel frontal así tenemos un cuadro de la base de datos que debe mostrar hora, fecha, rangos mínimo y máximo de temperatura y humedad relativa de acuerdo a la edad días de los pollos. De la misma forma se tiene una ventana que grafica la medida de la temperatura y humedad relativa actual y también 2 barras que muestra estos valores como también tenemos ventanas que visualiza las fechas del proceso. La programación y el diagrama de bloques del panel de control se adjunta en los anexos del presente informe de investigación.

4.1.7 Resultado de mediciones de temperatura y humedad relativa

Para tener una idea más clara de las condiciones actuales del galpón y la magnitud del problema que se desea corregir con la realización de este proyecto, se presentan a continuación datos reales de la temperatura y humedad relativa del galpón de pollos de la "ASOCIACION AGROPECUARIA PALCA PERU".

Como se ha explicado, la temperatura es un factor que está directamente relacionado con los niveles de muerte de las aves.

En la granja avícola de la asociación agropecuaria Palca Perú se tomaron dos galpones del mismo tamaño y con las mismas características físicas en donde se identifican como galpón "A" que trabaja sin controlador y galpón "B" que trabaja con controlador se ingresaron la misma cantidad de pollitos BB quienes han recibido los mismos cuidados y alimentación, con la diferencia de las condiciones ambientales que para el galpón "B" que trabajo con controlador se hicieron modificaciones de la infraestructura para el acondicionamiento de los actuadores como son los ventiladores, extractores, microaspersor y otros que requiere para la instalación del sistema.

Durante todo el proceso de la crianza se tomaron los datos de las medidas de la temperatura como la humedad relativa.

Resultado de las temperaturas medidas en los interiores de los galpones con controlador y sin controlador promedios de cada 4 horas del día, tomados en periodo de 4 semanas de crianza del 23 de setiembre al 21 de octubre del 2013 tal como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 4.4 Promedio de mediciones de temperatura primera semana del

23/09/2013 al 30/09/2013.

Edad días	Promedio de temperatura con controlador (°C)						Promedio de temperatura sin controlador (°C)					
	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)
1	33	32	32	33	32	32	30	29	29	31	28	30
2	32	32	33	33	32	31	28	25	27	31	30	28
3	32	32	33	33	32	32	29	30	28	30	31	29
4	32	34	33	34	33	33	30	27	32	31	30	30
5	33	32	31	32	33	32	31	32	31	29	30	29
6	32	33	32	32	32	32	30	31	31	30	29	28
7	33	33	32	34	33	33	28	29	30	29	28	30
Promedio	32.48						29.48					
Media	32.00						30.00					
Desvest	0.71						1.44					

Según el marco teórico indica que la temperatura en la primera semana de crianza debe ser no menor de los 31°C y no mayor de 34°C. Por lo tanto según la tabla se obtiene que la temperatura encontrada con el climatizador es 32.48 estando dentro del rango requerido para el caso sin climatizador la temperatura es de 29.48 que esta fuera del rango requerido.

Tabla 4.5 Promedio de mediciones de temperatura segunda semana del

01/10/2013 al 07/10/2013.

Edad días	Promedio de temperatura con controlador (°C)						Promedio de temperatura sin controlador (°C)					
	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)
8	29	28	29	29	29	30	29	27	28	28	28	29
9	28	30	29	30	31	30	28	29	28	28	26	26

10	29	29	28	28	29	28	27	28	30	29	27	27
11	29	28	29	28	29	29	25	29	27	26	28	27
12	28	27	28	29	28	28	30	29	27	25	29	25
13	29	28	27	28	28	29	28	28	24	27	26	25
14	28	29	28	30	29	28	29	26	28	26	28	27
Promedio	28.67						27.40					
Media	29.00						28.00					
Desvest	0.85						1.45					

Según el marco teórico indica que la temperatura en la segunda semana de crianza debe ser no menor de los 27°C y no mayor de 30°C. Por lo tanto según la tabla 4.5 se muestra que la temperatura encontrada con el climatizador es de un promedio de 28.67 estando dentro del rango requerido, para el caso sin climatizador la temperatura promedio es de 27.40 que está dentro del rango pero ya se aproxima más al rango mínimo.

Tabla 4.6 Promedio de mediciones de temperatura tercera semana del

08/10/2013 al 14/10/2013.

Edad días	Promedio de temperatura con controlador (°C)						Promedio de temperatura sin controlador (°C)					
	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)
15	25	26	25	26	26	26	25	26	25	29	24	24
16	25	25	24	24	26	26	27	25	29	26	25	25
17	26	25	26	25	25	25	27	25	25	27	26	25
18	25	24	25	24	24	24	28	24	24	23	23	22
19	24	25	24	24	24	23	25	25	22	24	24	24
20	23	24	24	25	24	24	26	24	22	29	25	21
21	24	25	23	24	24	25	25	24	24	26	27	19
Promedio	24.64						24.88					
Media	25.00						25.00					
Desvest	0.88						2.06					

Según el marco teórico indica que la temperatura en la tercera semana de crianza debe ser no menor de los 23°C y no mayor de 26°C. Por lo tanto según la tabla 4.6 se muestra que la temperatura encontrada con el climatizador es de un promedio de 24.64 estando dentro del rango

requerido, para el caso sin climatizador la temperatura promedio es de 24.88 que está dentro del rango pero como se observa en la tabla es muy oscilante que sobresale fuera del rango requerido.

Tabla 4.7 Promedio de mediciones de temperatura cuarta semana del
15/10/2013 al 21/10/2013.

Edad días	Promedio de temperatura con controlador (°C)						Promedio de temperatura sin controlador (°C)					
	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)
22	20	22	21	20	21	21	24	25	18	25	24	22
23	19	21	20	20	21	22	23	20	24	17	22	22
24	19	22	19	20	20	21	24	24	18	23	24	24
25	21	21	22	22	23	22	22	19	20	21	20	25
26	21	20	19	20	21	20	20	21	19	22	23	24
27	20	22	21	20	20	21	22	22	22	19	19	20
28	19	20	21	21	20	22	24	20	17	17	22	20
Promedio	20.67						21.50					
Media	21.00						22.00					
Desvest	1.00						2.36					

Según el marco teórico indica que la temperatura en la cuarta semana de crianza debe ser no menor de los 19°C y no mayor de 22°C. Por lo tanto según la tabla 4.7 se muestra que la temperatura encontrada con el climatizador es de un promedio de 20.67 estando dentro del rango requerido, para el caso sin climatizador la temperatura promedio es de 21.88 que también está dentro del rango pero como se observa en la tabla es muy oscilante que sobresale fuera del rango requerido.

Resultado de la humedad relativa medidas en los interiores de los galpones con controlador y sin controlador promedios de cada 4 horas del día, tomados en periodo de 4 semanas de crianza del 23 de setiembre al 21 de octubre del 2013.

Tabla 4.8 Medición de la humedad relativa primera semana del
23/09/2013 al 30/09/2013

Edad días	Promedio de humedad relativa con controlador (%)						Promedio de humedad relativa sin controlador (%)					
	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)
1	45	45	48	50	42	46	58	60	61	52	54	62
2	42	44	40	40	45	48	58	50	60	58	54	62
3	42	42	48	46	44	47	54	52	61	42	50	57
4	43	42	46	44	48	49	61	60	62	60	51	54
5	44	40	42	44	45	41	60	61	50	61	64	52
6	42	46	44	47	43	42	60	58	59	54	59	56
7	45	42	44	45	48	46	57	62	65	49	42	60
Promedio	44.43						56.71					
Media	44.00						58.00					
Desvest	2.58						5.37					

Según el marco teórico indica que la humedad relativa en la primera semana de crianza debe ser no menor del 30% y no mayor de 50%. Por lo tanto según la tabla 4.8 se muestra que la humedad relativa encontrada con el climatizador es de un promedio de 44.43 estando dentro del rango requerido, para el caso sin climatizador la humedad relativa promedio es de 56.71 que está fuera del rango requerido.

Tabla 4.9 Medición de la humedad relativa segunda semana del
01/10/2013 al 07/10/2013.

Edad días	Promedio de humedad relativa con controlador (%)						Promedio de humedad relativa sin controlador (%)					
	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)
8	46	45	45	43	44	48	54	55	59	43	58	62
9	50	42	49	47	48	49	59	56	56	51	48	52
10	46	49	50	49	53	46	58	59	53	49	57	51

11	46	56	46	48	48	50	60	51	60	52	60	51
12	50	48	50	52	54	48	61	54	58	60	54	60
13	49	50	54	52	47	48	58	51	55	59	48	54
14	46	50	49	48	47	49	56	50	61	52	54	53
Promedio	48.43						55.05					
Media	48.00						55.00					
Desvest	2.89						4.35					

Según el marco teórico indica que la humedad relativa en la segunda semana de crianza debe ser no menor del 40% y no mayor de 60%. Por lo tanto según la tabla 4.9 se muestra que la humedad relativa encontrada con el climatizador es de un promedio de 48.43 estando dentro del rango requerido, para el caso sin climatizador la humedad relativa promedio es de 55.05 que también está dentro del rango requerido pero podemos observar en la tabla hay bastante oscilación y sobresa del rango requerido.

Tabla 4.10 Medición de la humedad relativa tercera semana del
08/10/2013 al 14/10/2013.

Edad días	Promedio de humedad relativa con controlador (%)						Promedio de humedad relativa sin controlador (%)					
	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)
15	52	52	59	54	52	50	47	56	50	58	53	54
16	52	54	59	50	50	56	47	54	52	50	49	60
17	60	57	54	56	58	54	61	58	59	56	60	55
18	54	56	51	51	50	58	64	57	54	49	47	60
19	55	53	52	58	51	55	62	59	58	58	52	59
20	58	58	53	59	51	52	65	57	54	49	58	54
21	57	58	56	57	54	57	59	53	56	57	59	56
Promedio	54.60						55.60					
Media	54.00						56.00					
Desvest	3.01						4.55					

Según el marco teórico indica que la humedad relativa en la tercera semana de crianza debe ser no menor del 50% y no mayor de 60%. Por lo tanto según la tabla 4.10 se muestra que la humedad relativa encontrada con el climatizador es de un promedio de 54.60 estando dentro del rango requerido, para el caso sin climatizador la humedad relativa promedio es de 55.60 que también está dentro del rango requerido pero podemos observar en la tabla hay bastante oscilación y sobresale del rango requerido.

Tabla 4.11 Medición de la humedad relativa cuarta semana del
15/10/2013 al 21/10/2013.

Edad días	Promedio de humedad relativa con controlador (%)						Promedio de humedad relativa sin controlador (%)					
	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)
22	61	57	60	56	59	57	68	58	59	67	56	60
23	62	50	60	50	54	59	65	60	60	58	59	57
24	56	53	56	55	54	60	57	54	60	67	63	59
25	52	54	58	57	56	59	70	58	58	69	60	65
26	60	54	56	54	57	58	60	62	62	61	59	60
27	56	60	58	57	60	64	59	60	56	57	60	63
28	60	62	60	58	62	63	62	60	59	58	62	60
Promedio	57.48						60.64					
media	57.50						60.00					
desvest	3.31						3.60					

Según el marco teórico indica que la humedad relativa en la cuarta semana de crianza debe ser no menor del 50% y no mayor de 65%. Por lo tanto según la tabla 4.11 se muestra que la humedad relativa encontrada con el climatizador es de un promedio de 57.48 estando dentro del rango requerido, para el caso sin climatizador la humedad relativa promedio es de 60.64 que también está dentro del rango requerido pero podemos observar en la tabla hay bastante oscilación y sobresale del rango requerido.

4.1.8 Análisis de la morbilidad

Al igual que la temperatura, la morbilidad se registró por periodo de semana, para el caso de nuestra investigación se tienen 2 galpones con las mismas características con la diferencia que uno opera con el controlador y segundo sin controlador para efectos de comparación se tomaron la cantidad de pollitos enfermos en 4 periodos donde cada periodo equivale a una semana los registros se realizan en los galpones de estudio. Los galpones empezaron la operación con la misma cantidad de población de pollitos BB, para determinar el índice de morbilidad utilizamos la siguiente formula.

$$\% \text{morbilidad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de pollos enfermos en el proceso}}{\text{población de pollos expuestos al riesgo}} \times 100\%$$

Tabla 4.12 Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón con climatizador (Grupo Experimental).

Periodo semana	N° de pollos Sanos	Total de pollos con morbilidad	% de morbilidad
Semana 1	193	7	3.50%
Semana 2	192	4	2.00%
Semana 3	192	2	1.00%
Semana 4	189	2	1.00%
Total		15	7.50%

De la tabla 4.12 se observa el porcentaje de morbilidad de pollos por semana con controlador haciendo un total de 7.50% de morbilidad durante las 4 semanas que es el tiempo del experimento.

Tabla 4.13 Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón sin climatizador (Grupo Control).

Periodo semana	N° de pollos Sanos	Total de pollos con morbilidad	% de morbilidad
Semana 1	183	17	8.50%
Semana 2	175	15	7.50%
Semana 3	175	10	5.00%
Semana 4	173	7	3.50%
Total		49	24.50%

De la tabla 4.13 se observa el porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón sin controlador haciendo un total de 24.50% de morbilidad durante las 4 semanas que es el tiempo del experimento.

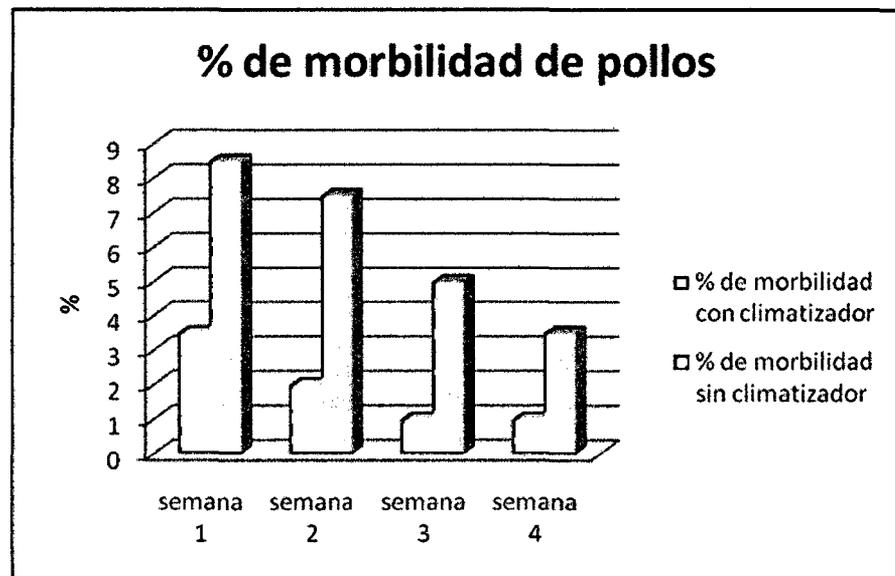


Figura 4.09 Representación gráfica de % de morbilidad de pollos por semana.

En la figura 4.09 podemos observar el resultado porcentual de la morbilidad de pollos por semana. Finalmente de la tabla 4.12 se observa el porcentaje total de pollos con morbilidad durante el tiempo del experimento del galpon con controlador que es 7.5% y de la tabla 4,13 se observa el porcentaje total de pollos con morbilidad durante el periodo de experimentación en galpón sin controlador es 24.5%. Por lo tanto al extraer el % de reducción de morbilidad de pollos podemos señalar que el galpón climatizado redujo en 69.39% de la morbilidad de pollitos.

4.1.9 Análisis de crecimiento

El control de crecimiento de pollos es obligatorio cada semana para comprobar la evolución real del lote, para el caso de nuestra investigación se realizaron las medidas de los pesos de los pollos que representan el

crecimiento de los pollos¹⁴ teniendo en cuenta los galpones que funcionan con controlador y sin controlador que a continuación presentamos la tabla de registro de peso por periodo de semanas.

Tabla 4.14 Registro peso de pollitos por semana en galpón "A" con controlador.

Periodo semanas	Población total inicio de semana	Peso total (Kg)	Peso promedio unitario (g)
Condición inicial	200	92.96	46.48
Semana 1	196	121.99	62.24
Semana 2	193	228.16	118.22
Semana 3	193	381.97	197.91
Semana 4	192	543.38	283.01

De la tabla 4.14 se observa que al inicio cada pollito tenía un peso promedio unitario de 46.48 gramos al final de las 4 semanas se obtiene que cada pollito tiene un peso promedio unitario de 283.01 gramos el pollito aumento 6.09 veces de su peso inicial.

Tabla 4.15 Registro peso de pollitos por semana en galpón "B" sin controlador.

Periodo semanas	Población total inicio de semana	Peso total (Kg)	Peso promedio unitario (g)
Condición inicial	200	93.02	46.51
Semana 1	190	111.34	58.60
Semana 2	185	180.89	97.78
Semana 3	180	299.63	166.42
Semana 4	177	458.64	259.12

De la tabla 4.15 se observa que al inicio cada pollito tenía un peso promedio unitario de 46.51 gramos al final de las 4 semanas se obtiene que cada pollito tiene un peso promedio unitario de 259.12 gramos el pollito aumento 5.40 veces de su peso inicial.

¹⁴Ross, Manual de manejo reproductores pesados 2010. Real Escuela de Avicultura

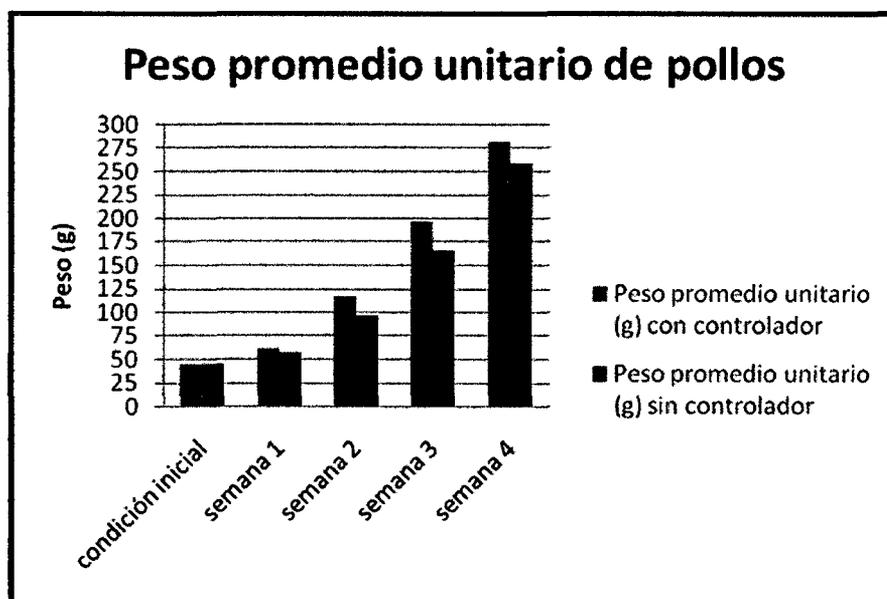


Figura 4.10 Representación gráfica de peso promedio unitario de pollos con y sin climatizador por semana.

Finalmente de las tablas 4.14, 4.15 y figura 4.10 se observa que el pollito en el galpón climatizado o con controlador tiene un peso de 283.01g y en el galpón sin controlador tiene un peso de 259.12g desde el inicio de la experimentación por lo tanto al comparar dichos valores concluimos que el galpón climatizado redujo el retardo de crecimiento en un 92.29% con respecto al galpón sin climatizador.

4.2 Discusión

Una vez concluida la implementación y habiendo puesto en funcionamiento el sistema en el galpón de pollos del galpón avícola de la "ASOCIACION AGROPECUARIA PALCA PERÚ", se han recogido los datos que nos permitan comprobar la eficiencia del sistema de control, de la tabla 4.12 y se observa el porcentaje de morbilidad de pollos durante el tiempo del experimento del galpon con controlador es de 7.5% y de la tabla 4,13 se observa el porcentaje de morbilidad de pollos durante el periodo de experimentación en galpón sin controlador es de 24.50%. Por lo tanto al extraer el % de reducción de morbilidad de pollos podemos señalar que el galpón climatizado redujo en en un 69.39% la morbilidad de pollitos

por estos resultados se puede afirmar que la acción del controlador es totalmente favorable a la crianza y que las acciones tomadas siguen los lineamientos recomendados en la crianza de pollos.

4.2.1 Prueba de Hipótesis Estadística

Propuesta de sistema de hipótesis

Para la prueba de hipótesis partimos de la evaluación de la hipótesis general del proyecto de investigación, la cual constituye “la hipótesis alternativa (H_1) general debido a que es ésta la hipótesis que el investigador desea probar” (Webster, 2010), entonces queda propuesta de la siguiente manera:

H_1 : El control de temperatura y humedad en un climatizador automático reduce la morbilidad en un 50% y el retardo de crecimiento de pollos en un 20% con una confianza del 95%.

De lo anterior se puede apreciar que están presentes las dos variables de interés las cuales son el porcentaje de morbilidad y el porcentaje de retardo de crecimiento de pollos, con lo cual hay la necesidad de proponer una hipótesis alternativa para cada variable, con lo cual el sistema hipótesis queda de la siguiente manera:

Tabla 4.16 Sistema de hipótesis del proyecto de investigación

Variable	Hipótesis Nula	Hipótesis Alternativa
Porcentaje de morbilidad de pollos	H_{0M}	H_{1M}
Porcentaje de retardo de crecimiento de pollos	H_{0R}	H_{1R}

4.2.1.1 Prueba de Hipótesis para la variable porcentaje de morbilidad de pollos

El sistema de hipótesis para la variable porcentaje de morbilidad de pollos queda propuesto de la siguiente manera:

H_{1M} : $\mu \leq \mu_0$: El control de temperatura y humedad en un climatizador automático reduce la morbilidad a un porcentaje menor o igual al 50% de la morbilidad del grupo control.

$H_{0M}: \mu > \mu_0$: El control de temperatura y humedad en un climatizador automático no reduce la morbilidad a un porcentaje menor o igual al 50% de la morbilidad del grupo control.

Tabla 4.17 Variables a utilizar en la prueba de hipótesis

Variable	Descripción	Grupo
$\mu - \%Morb_{CC}$	Media del porcentaje de morbilidad en el galpón CON CLIMATIZADOR	Experimental
$\mu_0 - \left(\frac{50}{100}\right) \times (\%Morb_{SC})$	Representa el 50% de la media del porcentaje de morbilidad en el galpón SIN CLIMATIZADOR	Control

Dónde:

$\%Morb_{CC}$ = Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón con climatizador (%).

$\%Morb_{SC}$ = Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón sin climatizador (%).

De los resultados experimentales tenemos la tabla siguiente:

Tabla 4.18 Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón sin climatizador (Grupo Control)

Periodo semana	Nº de pollos	Total de pollos con morbilidad	% de morbilidad
	Sanos		
Semana 1	183	17	8.50%
Semana 2	175	15	7.50%
Semana 3	175	10	5.00%
Semana 4	173	7	3.50%
Total		49	24.50%

Tabla 4.19 Porcentaje de morbilidad de pollos en el galpón con climatizador (Grupo Experimental)

Periodo semana	N° de pollos sanos	Total de pollos con morbilidad	% de morbilidad
Semana 1	193	7	3.50%
Semana 2	192	4	2.00%
Semana 3	192	2	1.00%
Semana 4	189	2	1.00%
Total		15	7.50%

-Cálculo de los Estadísticos Descriptivos

Los estadísticos del grupo control y experimental se procesaron con el software estadístico SPSS 20.0, obteniéndose los resultados siguientes:

Tabla 4.20 Resultados del procesamiento con SPSS 20.0 para la morbilidad.

Estadísticos descriptivos						
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Porcentaje de Morbilidad Sin Climatizador (GRUPO CONTROL)	4	3.50	8.50	6.1250	2.28674	5.229
Porcentaje de Morbilidad Con Climatizador (GRUPO EXPERIMENTAL)	4	1.00	3.50	1.8750	1.18145	1.396
N válido (según lista)	4					

Cálculo del Estadístico de Prueba (ep)

De los datos se desconoce la varianza poblacional (σ^2), además tenemos que $n < 30$, por lo tanto usamos el modelo siguiente para el cálculo del estadístico de prueba:

$$t_{ep} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

Donde:

$\bar{x} = 1.8750$: Media del porcentaje de morbilidad de la muestra (Grupo Experimental)

$$\mu_c = \left(\frac{50}{100}\right) \times (\%Morb_{sc}) = \left(\frac{50}{100}\right) \times (6.1250) = 3.0625 \quad ;$$

Valor de contraste (Grupo Control)

$S = 1.18145$: Desviación típica (Grupo Experimental)

$n = 4$: Numero de datos

Reemplazando:

$$t_{ep} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} = \frac{1.8750 - 3.0625}{1.18145/\sqrt{4}} = -2.010$$

$$t_{ep} = -2.010$$

-Cálculo del Valor Crítico (c)

Para una prueba de Hipótesis significativa (Confianza del 95%):

$$1 - \alpha = 0.95$$

$$\alpha = 0.05$$

De la tabla de distribución T-STUDENT (Anexo E),

evaluamos: $t_{(\alpha), (n-1)}$

Grados de libertad: $(n-1) = 4-1 = 3$ Grados de libertad

$$t_{0.05,3} = 2.353$$

$$t_{crítico} = 2.353$$

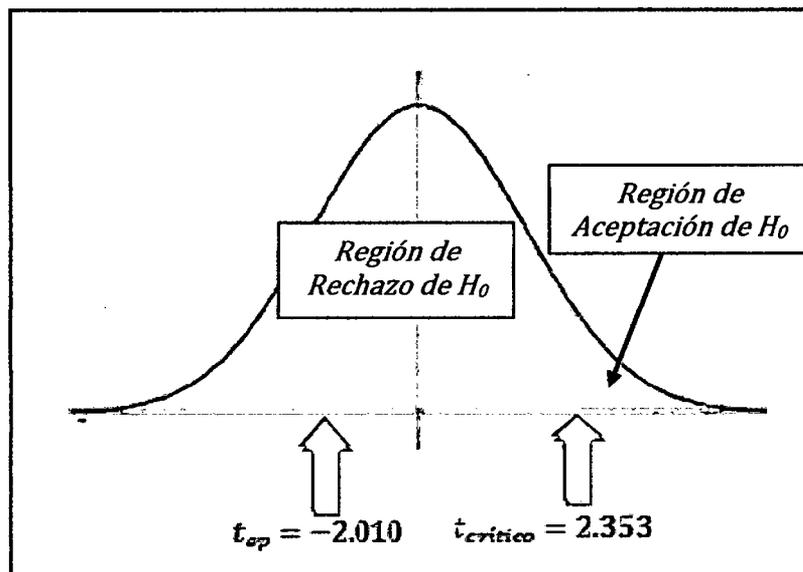


Figura 4.11 Prueba t-student para morbilidad.

Como se puede apreciar en el gráfico el valor t del estadístico de prueba (t_{ep}) cae dentro de la Región de Rechazo de la Hipótesis Nula, con lo cual **“Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa”**

4.2.1.2 Prueba de Hipótesis para la variable porcentaje de retardo de crecimiento de pollos.

El sistema de hipótesis para la variable porcentaje de retardo de crecimiento de pollos queda propuesto de la siguiente manera:

$H_{aR}: \mu \leq \mu_0$: El control de temperatura y humedad en un climatizador automático reduce el retardo de crecimiento de pollos a un porcentaje menor o igual al 20% del retardo de crecimiento del grupo control.

$H_{oR}: \mu > \mu_0$: El control de temperatura y humedad en un climatizador automático no reduce el retardo de crecimiento de pollos a un porcentaje menor o igual al 20% del retardo de crecimiento del grupo control

Tabla 4.21 Descripción de las variables de la hipótesis para la variable retardo de crecimiento de pollos.

Variable	Descripción	Grupo
$\mu - \%Ret_{CC}$	Media del porcentaje de retardo de crecimiento en el galpón CON CLIMATIZADOR	Experimental
$\mu_0 = \left(\frac{20}{100}\right) \times (\%Ret_{SC})$	Representa el 20% de la media del porcentaje de retardo de crecimiento SIN CLIMATIZADOR	Control

Los porcentajes de retardo de crecimiento en pollo tanto en el galpón con climatizador como en el galpón sin climatizador se calculan mediante las formulas siguientes:

$$\%Ret_{CC} = \left(\frac{P_{OPTIMO} - P_{FINALCC}}{P_{OPTIMO}} \right) \times 100\%$$

$$\%Ret_{SC} = \left(\frac{P_{OPTIMO} - P_{FINALSC}}{P_{OPTIMO}} \right) \times 100\%$$

Donde:

$\%Ret_{CC}$ = Porcentaje de retardo de crecimiento de pollos en el galpón con climatizador (%)

$\%Ret_{SC}$ = Porcentaje de retardo de crecimiento de pollos en el galpón sin climatizador (%)

$P_{FINALCC}$ = Peso promedio del pollo al final de un periodo de tiempo con controlador en (g)

$P_{FINALSC}$ = Peso promedio del pollo al final de un periodo de tiempo sin controlador en (g)

P_{OPTIMO} = Peso óptimo del pollo al final de un periodo de tiempo en (g)

El peso óptimo del pollo se obtuvo de un estudio desarrollado en la Universidad Nacional del Nordeste Titulado "Evaluación de la fase de cría, recría y pre-postura de ponedoras Rubia-INTA en la Escuela Agrotécnica Lomas de Empedrado" en Argentina en el año 2006, en donde se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla 4.22 Peso promedio óptimo recomendada de aves.

Semana	Días	Consumo promedio ave/día (g)	Tipo de ración	Peso promedio final de semana (g)
1	1-7	11	Cría	65
2	8-14	17	"	120
3	15-21	26	"	200
4	22-28	33	"	285
5	29-35	39	Recría	380
6	36-42	44	"	475
7	43-49	48	"	565
8	50-56	52	"	655
9	57-63	56	"	745
10	64-70	60	"	835
11	71-77	65	"	925
12	78-84	69	"	1015
13	85-91	72	"	1100
14	92-98	76	"	1185
15	99-105	79	"	1270
16	106-112	82	"	1355
17	113-119	85	Pre-puesta	1445
18	120-126	89	"	1530

Fuente y elaboración: Universidad Nacional del Nordeste-Argentina

De donde obtenemos los pesos óptimos para las cuatro semanas, también de los resultados experimentales tenemos la tabla siguiente:

Tabla 4.23 Porcentaje de retardo de crecimiento de pollos en el galpón sin climatizador (Grupo Control)

Periodo semanas	Población total inicio de semana	Peso total (Kg)	Peso unitario (g)	Peso óptimo (g)	%Ret _{sc}
Semana 1	190	111.34	58.6	65	9.85
Semana 2	185	180.89	97.78	120	18.52
Semana 3	180	299.63	166.42	200	16.79
Semana 4	177	458.64	259.12	285	9.08

Tabla 4.24 Porcentaje de retardo de crecimiento pollos en el galpón con climatizador (Grupo Experimental)

Periodo semanas	Población total inicio de semana	Peso total (Kg)	Peso unitario (g)	Peso óptimo (g)	%Ret _{cc}
Semana 1	196	121.99	62.24	65	4.246
Semana 2	193	228.16	118.22	120	1.483
Semana 3	193	381.97	197.91	200	1.045
Semana 4	192	543.38	283.01	285	0.698

-Cálculo de los estadísticos descriptivos

Los estadísticos del grupo control y experimental se procesaron con el software estadístico SPSS 20.0, obteniéndose los resultados siguientes:

Tabla 4.25 Resultados del procesamiento con SPSS 20.0 del retardo de crecimiento

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Porcentaje de Retardo de Crecimiento Sin Climatizador (GRUPO CONTROL)	4	9.08	18.52	13.5600	4.79128	22.956
Porcentaje de Retardo de Crecimiento Con Climatizador (GRUPO EXPERIMENTAL)	4	.70	4.25	1.8680	1.61754	2.616
N válido (según lista)	4					

-Cálculo del estadístico de prueba (ep)

De los datos se desconoce la varianza poblacional (σ^2), además tenemos que $n < 30$, por lo tanto usamos el modelo siguiente para el cálculo del estadístico de prueba:

$$t_{ep} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

Donde:

$\bar{x} = 1.8680$: Media del porcentaje de morbilidad de la muestra (Grupo Experimental)

$\mu_0 = \left(\frac{20}{100}\right) \times (\%Ret_{SC}) = \left(\frac{20}{100}\right) \times (13.55) = 2.712$: Valor de contraste (Grupo Control)

$S = 1.61754$: Desviación típica (Grupo Experimental)

$n = 4$: Numero de datos

Reemplazando:

$$t_{ep} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} = \frac{1.8680 - 2.712}{1.61754/\sqrt{4}} = -1.0436$$

$$t_{ep} = -1.0436$$

-Cálculo del valor crítico (c)

Para una prueba de Hipótesis significativa (Confianza del 95%):

$$1 - \alpha = 0.95$$

$$\alpha = 0.05$$

De la tabla de distribución T-STUDENT (Anexo 3),

evaluamos: $t_{(\alpha), (n-1)}$

Grados de libertad: $(n-1) = 4-1 = 3$ Grados de libertad

$$t_{0.05,3} = 2.353$$

$$t_{critico} = 2.353$$

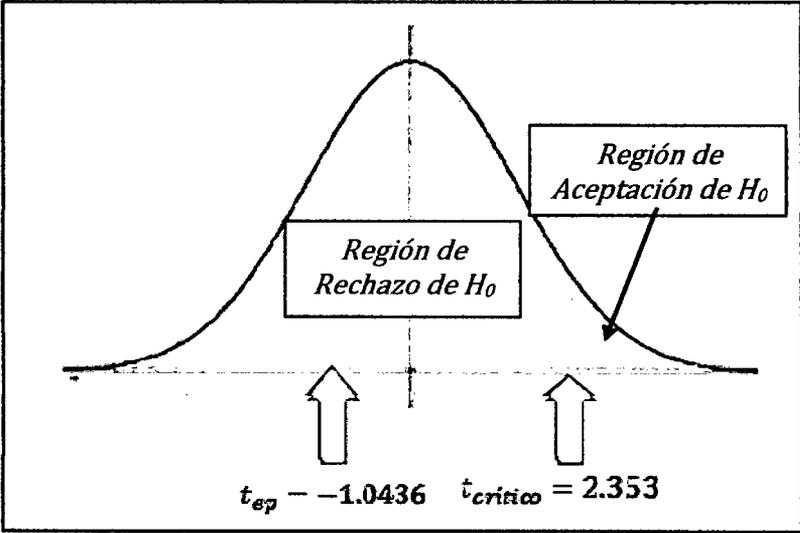


Figura 4.12 Prueba t-student para crecimiento

Como se puede apreciar en el gráfico el valor t del Estadístico de prueba (t_{ep}) cae dentro de la Región de Rechazo de la Hipótesis Nula, con lo cual **“SE RECHAZA LA HIPÓTESIS NULA Y SE ACEPTA LA HIPÓTESIS ALTERNA”**.

CONCLUSIONES

- 1.- Se afirma con una confianza del 95%: que“el control de temperatura y humedad en un climatizador automático reduce la morbilidad a un porcentaje menor o igual al 50% de la morbilidad del grupo control.”
- 2.- Se afirma con una confianza del 95%: que “el control de temperatura y humedad en un climatizador automático reduce el retardo de crecimiento de pollos a un porcentaje menor o igual al 20% del retardo de crecimiento del grupo control”
- 3.- El climatizador automático de control de temperatura y humedad relativa en la crianza de pollos en su etapa de crecimiento, nos permite mantener la temperatura y humedad relativa en los rangos requeridos de los pollos que varían de acuerdo a su edad, del mismo modo nos permite registrar los datos para su análisis estadísticos que nos sirve para el uso administrativo y supervisión del sistema de control automático.
- 4.- Se utilizó un reloj en tiempo real, el DS1307, que posee una configuración sencilla y permite darle al sistema una fecha (hora, día y año) para el inicio del proceso; además, se le acopló una pila para mantener los datos, aún cuando no haya energía.
- 5.-De la misma forma el galpón del grupo experimental que es automatizado nos permite disminuir la interacción del personal encargado, produciendo menos estrés en los pollos, mejorando la productividad y el desarrollo del mismo.

RECOMENDACIONES

- 1.- 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 pre calibrados en la fábrica y de mayor precisión como es SHT11.
- 2.- Al utilizar sensores de temperatura y humedad combinados y que tengan salida digital se ahorra mucho recurso económico debido a la pre manufactura.
- 3.- Como todo equipo y dispositivo, tienen especificaciones técnicas y modos de operación para asegurar el normal funcionamiento. Debido a los fenómenos atmosféricos de la sierra del territorio nacional, se debe contar con protecciones como la instalación de pararrayos, puestas a tierra y banco de baterías o generadores de energía eléctrica a fin de garantizar la operación del sistema de esa forma prevenir posibles daños en los equipos y los pollitos que son seres vivos que necesitan bastante cuidado.
- 4.- Implementar el sistema de climatizadora automático en los galpones avícolas para mayor producción y la calidad que exige el mercado competitivo de tal manera que traerá mayores ingresos económicos al criadero de pollos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. RashidH. Electrónica de potencia. España: Editorial Prentice Hall. Segunda Edición; 2000.
- [2]. Angulo M, Angulo I, Angulo U. Microcontroladores Pic- Diseño práctico de aplicaciones, Segunda Parte. México: Editorial Mc Graw Hill; 2000.
- [3]. Campos C, Manuel F. Implementación de un sistema de desarrollo utilizando los micro controladores Pic. México: Editorial Mc Graw Hill; 2000.
- [4]. Lajara V, José R, Pelegri S. Labview entorno gráfico de programación. España: Alfaomega, Primera Edición; 2007.
- [5]. Pérez L. Estadística básica. Lima, Perú: San Marcos; 2001.
- [6]. Villagómez C. Manual Técnicas de Manejo Avipunta para pollos de engorde. 1ª ed. Guayaquil – Ecuador: Edición Profesional; 2006.
- [7]. Egúez G, Vásconez J. “Automatización del galpón de crianza avícola a – 1 de pollos broilers del IASA”. 1ª ed. Quito-Ecuador; 2007.
- [8]. Benjamín C. Kuo. Sistemas de control automático. 7ª ed. USA: Prentice Hall; 2008.
- [9]. Rentería O. Manual práctico del pollo de engorde. Gobernación del valle del Cauca secretaria de agricultura y pesca. Colombia; 2008.
- [10]. Dorado V. Manual de usuario del compilador PCW de CCS. [en línea] España: 2010. [Fecha de acceso 18 de marzo de 2012]. URL disponible en: http://www.migsantiago.com/index.php/Compilador_CCS_PICC.pdf.
- [11]. Moyano J. PIC18F2550 y USB desarrollo de aplicaciones. [en línea] España: 2010. [Fecha de acceso 18 de marzo de 2012]. URL disponible en: [http://www.migsantiago.com/index.php/PIC18F250 y USB.pdf](http://www.migsantiago.com/index.php/PIC18F250_y_USB.pdf).
- [12] Sensirion SHT11 datasheet. [en línea]. Versión 5: 2011 [Fecha de acceso 18 de marzo de 2012]. URL disponible en: www.sensirion.com

ARTÍCULO CIENTÍFICO

**CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DE UN CLIMATIZADOR
AUTOMÁTICO PARA LA REDUCCIÓN DE LA MORBILIDAD Y RETARDO DE
CRECIMIENTO DE POLLOS**
**CONTROL OF TEMPERATURE AND RELATIVE DAMPNES OF AN AUTOMATIC
CLIMATIZADOR FOR THE REDUCTION OF THE MORBIDITY AND DELAY OF
GROWTH OF CHICKENS**

William Gomez De La Cruz, Richard Gomez De La Cruz
Universidad Nacional de Huancavelica Facultad de Ingenieria Electrónica – Sistemas,
Escuela Académico Profesional de Electrónica.

RESUMEN:

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de construir un climatizador automático para el control de las variables de temperatura y humedad relativa de los ambientes de cría de pollos, para mejorar la producción y reducir la morbilidad y el retardo de crecimiento de los pollos, en el galpón avícola de la "Asociación Agropecuaria Palca – Perú" que está ubicado en el Distrito de Palca, Provincia y Región de Huancavelica que está a 3650.00 m.s.n.m y que presenta un clima de templado a frío.

Las aves durante las diferentes etapas de su crecimiento y desarrollo, necesitan diferentes rangos de temperatura y humedad relativa para asegurar su existencia y consecuentemente la productividad avícola, para ello se desarrolló el algoritmo de control en base al microcontrolador PIC16f876, en donde se realiza la lógica de control y teniendo en cuenta los rangos de temperatura y humedad relativa que los pollos necesitan en su etapa de crecimiento y estos varían de acuerdo a la edad que tienen los pollitos y del mismo modo se utiliza el microcontrolador PIC18F2550 para la comunicación mediante el puerto USB al computador con el cual se realiza el monitoreo y registro de datos mediante el software Labview, El climatizador automático controla las variables como la temperatura y humedad relativa brindando las condiciones ambientales adecuadas para la etapa de crecimiento que consta de las 4 primeras semanas de vida.

En nuestro trabajo de investigación hemos considerado como Hipótesis general el control de temperatura y humedad en un climatizador automático reduce la morbilidad en un 50% y el retardo de crecimiento de pollos en un 20% con una confianza del 95%, y como Hipótesis específicas, el porcentaje de reducción de la morbilidad en el galpón de pollos por semana es del 50% y el porcentaje de reducción del retardo de crecimiento en el galpón de pollo por semana es del 20%.

Por lo tanto para el análisis del retardo de crecimiento de pollos se tomaron el peso de los pollos, teniendo como resultado al finalizar las 4 semanas, lo siguiente (en el galpón climatizado o con controlador se tiene un peso promedio unitario de 283.01g) y (en el galpón sin controlador tiene un peso promedio unitario de 259.12g) desde el inicio de la experimentación por lo tanto al comparar dichos valores concluimos que el galpón climatizado redujo el retardo de crecimiento en un 92.29% con respecto al galpón sin climatizador.

Por estos resultados se puede afirmar que la acción del controlador es totalmente favorable a la crianza y que las acciones tomadas siguen los lineamientos recomendados en la crianza de pollos.

Palabras claves: Investigación, automático, controlador, reducción, pollos.

ABSTRACT.

The present work is inspired in the support for the poultry development of the country, using own technology, for it there was done the design and implementation of an automatic climatizador who takes charge controlling the environmental parameters in the upbringing chicken in the poultry shed of the " Association Agropercuaria Palca - Peru " that this located in Palca's district province and Huancavelica's region that this to 3650.00 m.s.n.m and that presents a climate of moderated to cold.

The birds during the different stages of his growth and development, they need different ranges of temperature and relative dampness to assure his existence and consistently the poultry productivity for it desarrollóel algorithm of control that should be based on the microcontroller PIC16f876 where the logic of control is realized and having in it counts the ranges of temperature and relative dampness that the chickens need in his stage of growth and these change in agreement to the age that the chicks have and in the same way there is in use the microcontrolador PIC18F2550 for the communication by means of the port USB to the computer with which the monitoring is realized and record of information by means of the software Labview The automatic climatizador controls the variables as the temperature and relative dampnessOffering the environmental conditions adapted for the stage of growth that consists of the first 4 weeks of life.

At this investigation I am employed with 2 sheds with the same characteristics the experimental group that produces with the controller and group control without controller for effects of comparison they took the quantity of death of chickens in 4 periods where every period is equivalent to one week who began the operation with the same quantity of population of chicks BB finally on having realized the comparisons and the statistical analyses one concludes that the chick in the shed climatizado or with controller it grew 8.81 times and in the shed without controller the shed grew 6.93 times from the beginning of the experimentation therefore climatizado I improve the delay of growth in 28 % and the morbidity of chickens diminished in 65.22 %. With regard to the shed without controller for these results it is possible to affirm that the action of the controller is totally favorable to the upbringing and that the taken actions follow the limits recommended in the upbringing chicken.

Key words: Investigation, controller, reduction, automatic, chicken.

INTRODUCCIÓN

En el país la producción de pollos se ha desarrollado y difundido en gran nivel, cubriendo todos los climas y regiones, debido a su alta adaptabilidad, rentabilidad, aceptación en el mercado desde esa perspectiva nuestro compromiso es promulgar el desarrollo de la 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, económicamente inaccesibles.

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de construir un climatizador automático para el control de las variables de temperatura y humedad relativa de los ambientes de cría de pollos en un galpón avícola, para mejorar la producción y reduciendo la morbilidad y el retardo de crecimiento de los pollos.

Como antecedentes que sirvió como base para la investigación tenemos el trabajo desarrollado por Egúez G, Vásconez J. Automatización del galpón de crianza avícola A – 1 de Pollos Broilers del Iasa Fase I: Diseño, simulación y construcción prototipo. EPE/Dpto. de Eléctrica y Electrónica-Carrera de ingeniería en electrónica, automatización y control /Quito Ecuador– 2007. Donde esta investigación 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 que fueron implementados en maqueta bajo condiciones similares a las que en la realidad se manejarían.

La solución al problema se plantea con la siguiente hipótesis. El control de temperatura y humedad en un climatizador automático reduce la morbilidad en un 50% y el retardo de crecimiento de pollos en un 20% con una confianza del 95%, en el galpón avícola de la “Asociación Agropecuario Palca-Perú”. Para lograr demostrar la hipótesis se plantea como objetivo general: Reducir la morbilidad y el retardo de crecimiento de pollos mediante el control de temperatura y humedad en un climatizador automático.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el desarrollo del trabajo se ha utilizado diversos materiales entre los más resaltantes tenemos: los sensores, dispositivos electrónicos, ventiladores, campana calefactor a gas, microaspersor, microcontrolador PIC16F876A y PIC 18F2550 y una computadora para la toma de datos y monitoreo. El método que se empleó fue el experimental, complementado con las técnicas estadísticas que permitieron realizar el tratamiento de los datos muestreados y su comprobación de la hipótesis a través de la prueba t de student, por tratarse de datos cuantitativos, con el software estadístico SPSS 20.0.

RESULTADOS

El diseño, desarrollo y la implementación del climatizador automático parte del diagrama de bloques que se muestra en la figura 1 donde en el lado izquierdo tenemos el bloque de la estación de control y en el lado derecho el galpón avícola de la misma forma en la figura 4.2 se muestra el diagrama esquemático del sistema implementado donde el bloque de la estación de control está compuesto de (una PC para la interfaz grafica de control y monitoreo), (microcontroladores PIC que se encarga de manejar todos los periféricos de entrada y salida de datos a controlar que es el cerebro del sistema), (modulo de reloj calendario que genera la hora y fecha del sistema), (Display LCD quien despliega la información de temperatura, humedad relativa, fecha y hora del sistema), (servomecanismo para el control de paso de gas para el calefactor), (etapa de potencia para los ventiladores y extractores). En el bloque del galpón avícola tenemos (sensores de temperatura y humedad relativa), (actuadores que son el ventilador, extractor, campana de calefacción de gas y el microaspersor).

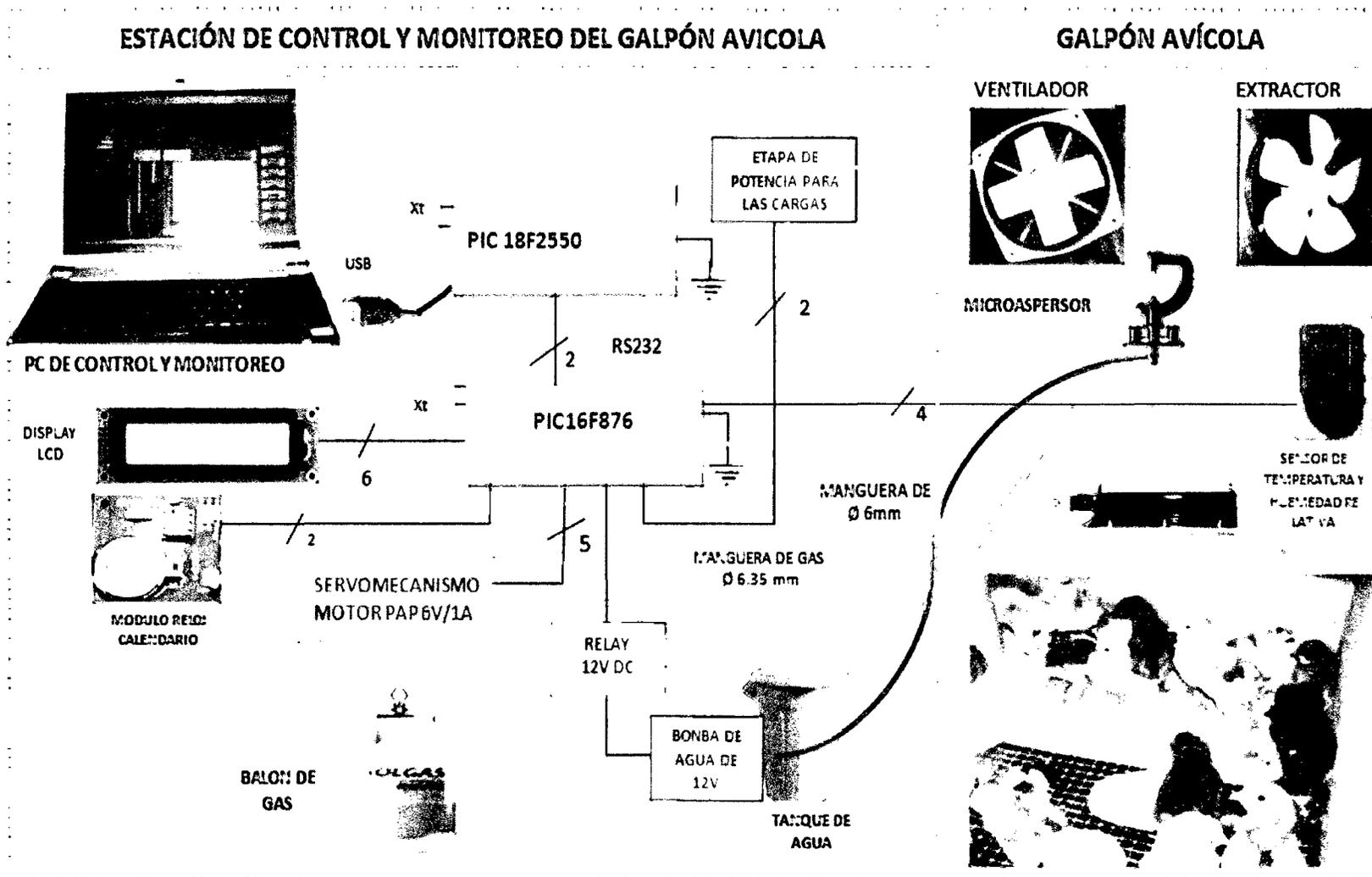
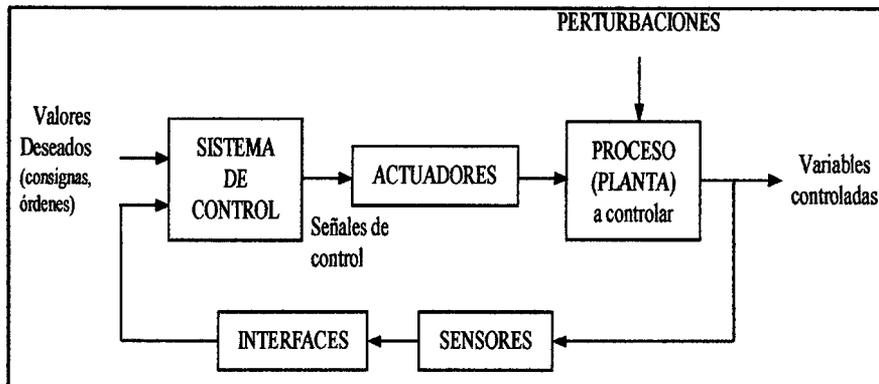


Figura 1. Diagrama esquemático de todo el sistema

Todo sistema de control sigue un esquema, como muestra la Figura 2, requiere un primer elemento que se encargará de tomar los datos necesarios para controlar el proceso, este es el sensor. Los datos recolectados por el sensor deben ser analizados para poder controlar el proceso mediante un controlador, el mismo que enviará las ordenes adecuadas a los actuadores para completar el proceso.



Fuente: **Sistemas de control automático**. Kuo Benjamín C.

Figura 2 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.

El Sistema de Control de Temperatura y humedad relativa, los dos conforman un único sistema que operará con un mismo controlador.

HARDWARE DE CONTROL

Esta etapa es la encargada de conmutar las cargas de 12Vcc y 220Vca, debido a que estas tensiones, no son las normales de trabajo de microcontroladores, las cuales están en torno a los 5Vcc. Deben tomarse por lo tanto, unas medidas de protección adicionales para no destruir el circuito del microcontrolador. A la etapa de potencia (Figura 3) llegan las señales de activación/desactivación de las cargas procedentes del microcontrolador, esto es, 5Vcc para nivel alto, 0Vcc para nivel bajo. En el reloj están grabados los datos de la fecha actual del sistema, ésta será almacenada en la memoria EEPROM del microcontrolador, esto significa que al correr el programa se graban los datos y cuando se apague el sistema no es necesario igualarlo porque no se borran, esto es muy importante hasta culminar el periodo de control, debido a que depende de los días transcurridos para dar las diferentes temperaturas al trascurso de las semanas.

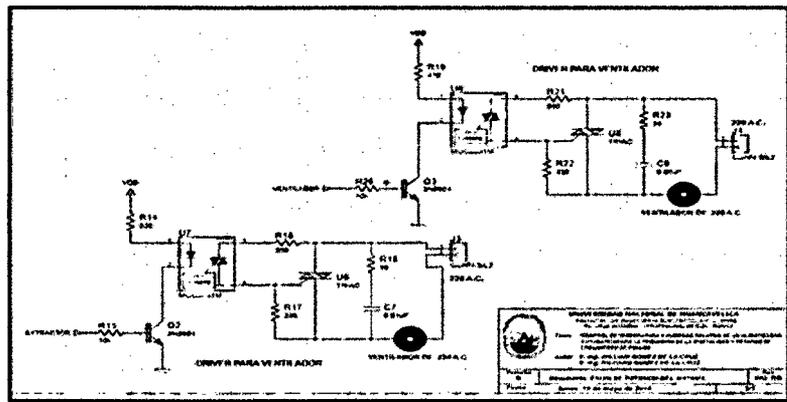


Figura 3 Diagrama del circuito electrónico de la etapa de potencia.

continuación datos reales de la temperatura y humedad relativa del galpón de pollos de la "Asociación Agropecuaria Palca Perú".

Durante todo el proceso de la crianza se tomaron los datos de las medidas de la temperatura como la humedad relativa.

Resultado de las temperaturas medidas en los interiores de los galpones con controlador y sin controlador promedios de cada 4 horas del día, tomados en periodo de 4 semanas de crianza del 23 de setiembre al 21 de octubre del 2013 tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1 Promedio de las mediciones de la temperatura semana 1 del 23-09-2013 al 30-09-2013.

Edad días	Promedio de temperatura con controlador (°C)						Promedio de temperatura sin controlador (°C)					
	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)
1	33	32	32	33	32	32	30	29	29	31	28	30
2	32	32	33	33	32	31	28	25	27	31	30	28
3	32	32	33	33	32	32	29	30	28	30	31	29
4	32	34	33	34	33	33	30	27	32	31	30	30
5	33	32	31	32	33	32	31	32	31	29	30	29
6	32	33	32	32	32	32	30	31	31	30	29	28
7	33	33	32	34	33	33	28	29	30	29	28	30

Como ejemplo se toma las mediciones de la semana 1 tal como se muestra en la tabla 1. Según el marco teórico indica que la temperatura en la primera semana de crianza debe ser no menor de los 31°C y no mayor de 34°C. Por lo tanto según la tabla se obtiene que la temperatura encontrada con el climatizador es 32.48 estando dentro del rango requerido para el caso sin climatizador la temperatura es de 29.48 que esta fuera del rango requerido.

Resultado de la humedad relativa medidas en los interiores de los galpones con controlador y sin controlador promedios de cada 4 horas del día, tomados en periodo de 4 semanas de crianza del 23 de setiembre al 21 de octubre del 2013.

Tabla 2 Medición de la humedad relativa cuarta semana del 15-10-2013 al 21-10-2013

Edad días	Promedio de humedad relativa con controlador (%)						Promedio de humedad relativa sin controlador (%)					
	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)	(2am-6am)	(6am-10am)	(10am-2pm)	(2pm-6pm)	(6pm-10pm)	(10pm-2am)
22	61	57	60	56	59	57	68	58	59	67	56	60
23	62	50	60	50	54	59	65	60	60	58	59	57
24	56	53	56	55	54	60	57	54	60	67	63	59
25	52	54	58	57	56	59	70	58	58	69	60	65
26	60	54	56	54	57	58	60	62	62	61	59	60
27	56	60	58	57	60	64	59	60	56	57	60	63
28	60	62	60	58	62	63	62	60	59	58	62	60

Como ejemplo tomamos las medidas realizadas en la cuarta semana tal como se muestra en la tabla 2. Según el marco teórico indica que la humedad relativa en la cuarta semana de crianza debe ser no menor del 50% y no mayor de 65%. Por lo tanto según la tabla 2 se muestra que la humedad relativa encontrada con el climatizador es de un promedio de 57.48 estando dentro del rango requerido, para el caso sin climatizador la humedad relativa promedio es de 60.64 que también está dentro del rango requerido pero podemos observar en la tabla hay bastante oscilación y momentos que sobresale del rango requerido.

Resultados de la morbilidad

Al igual que la temperatura, la morbilidad se registró por periodo de 4 semanas teniendo como resultado el porcentaje de morbilidad que se comparan los resultados donde se observa que en el galpón con controlador es menor la tasa de morbilidad en el galpón sin controlador es mayor la tasa de morbilidad tal como se muestra en la figura 6.

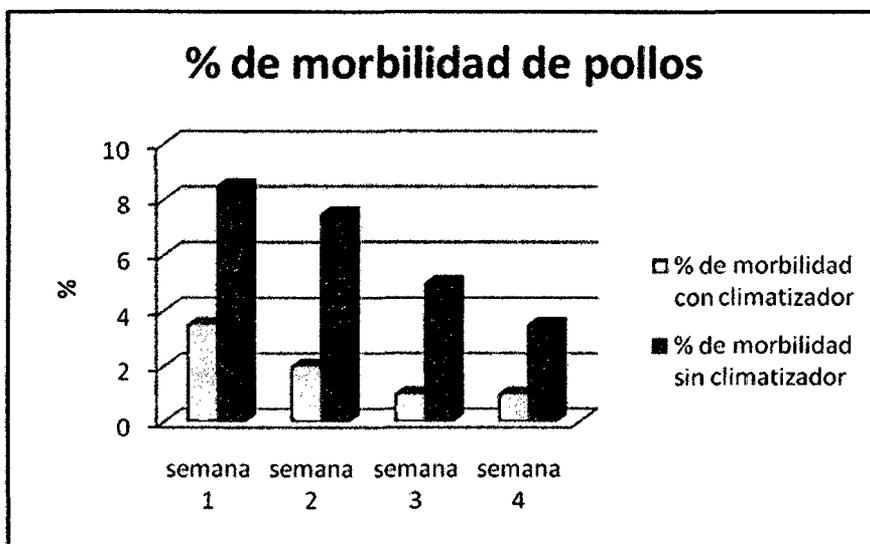


Figura 5 Representacion grafica de % de morbilidad de pollos por semana.

Resultados de crecimiento

El control de crecimiento de pollos es obligatorio cada semana para comprobar la evolución real del lote, para el caso de nuestra investigación se realizaron las medidas de los pesos de los pollos que representan el crecimiento de los pollos¹⁵ teniendo en cuenta los galpones que funcionan con controlador y sin controlador que a continuación en la figura 7 se muestra los resultados del peso promedio unitario de pollos donde observamos que en el galpón climatizado es mayor el crecimiento. los galpones que funcionan con controlador y sin controlador que a continuación en la figura 6 se muestra los resultados del peso promedio unitario de pollos donde observamos que en el galpón climatizado es mayor el crecimiento.

¹⁵Ross, Manual de manejo reproductores pesados2010. Real Escuela de Avicultura

21

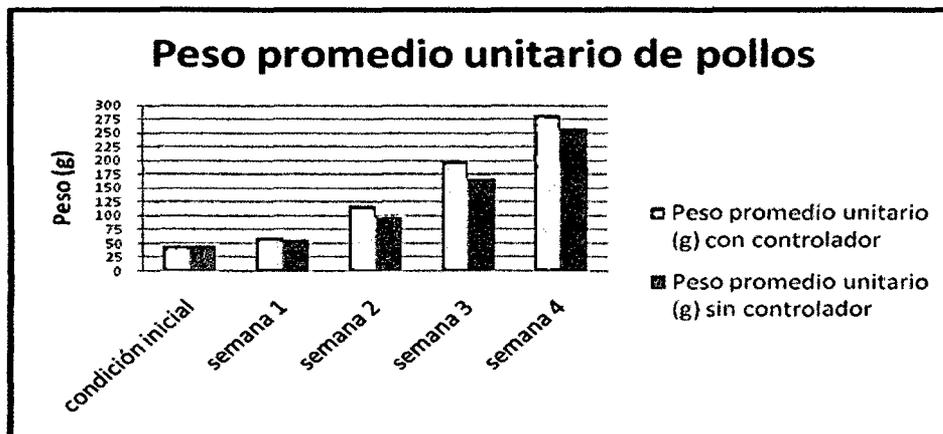


Figura 6 Representación grafica de peso promedio unitario de pollos con y sin climatizador de pollos por semana.

DISCUSIÓN

El estudio de las condiciones físicas de un galpón avícola y el comportamiento de las variables climáticas y los tiempos atmosféricos de una determinada zona o región, o una localidad concreta es diferente, para el caso de nuestra investigación se toma el distrito de Palca, para ello se desarrollaron los algoritmos de control de temperatura, humedad relativa y la implementación de los circuitos electrónicos para alcanzar las condiciones medioambientales que requiere el pollo en su etapa de crecimiento.

Al culminar la presente investigación se corrobora que el galpón climatizado redujo la morbilidad en un 69.39% y el retardo de crecimiento en un 92.29% con respecto al galpón sin climatizador en la misma forma el galpón automatizado permite disminuir la interacción del personal encargado, produciendo menos estrés en los pollos, mejorando la productividad y el desarrollo del mismo por estos resultados se puede afirmar que la acción del controlador es totalmente favorable a la crianza y que las acciones tomadas siguen los lineamientos recomendados en la crianza de pollos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rashid Muhammad H. Electrónica de potencia. España: Editorial Prentice Hall. Segunda Edición; 2000.
2. Angulo Martínez, Ignacio y Angulo Usategui, José María. MicrocontroladoresPic – diseño práctico de aplicaciones, Segunda Parte. México: Editorial Mc Graw Hill; 2000.
3. Campos Cerda, Manuel Fernando. implementación de un sistema de desarrollo utilizando los microcontroladoresPic. México: Editorial Mc Graw Hill; 2000.
4. Moyano Jonathan. PIC18F2550 y usb desarrollo de aplicaciones. [en línea] España: 2010. [fecha de acceso 18 de marzo de 2012]. URL disponible en: <http://www.migsantiago.com/index.php/PIC18F250 y USB.pdf>.
5. Angulo J, Angulo I. Microcontroladores PIC Diseño practico de aplicaciones. 2ª ed. España: Mc Graw Hill; 1999.
6. Benjamín KuoC. Sistemas de control automático.

ANEXOS

ANEXO A: VENTILACIÓN MÍNIMA EN BASE AL PESO DE LOS POLLOS

PESO DEL AVE (Kg)	Ventilación(m ³ /hora)	PESO DEL AVE (Kg)	Ventilación(m ³ /hora)
	Mín.		Mín.
0,050	0,074	1,800	1,091
0,100	0,125	1,900	1,136
0,150	0,169	2,000	1,181
0,200	0,210	2,100	1,225
0,250	0,248	2,200	1,268
0,300	0,285	2,300	1,311
0,350	0,319	2,400	1,354
0,400	0,353	2,500	1,396
0,450	0,386	2,600	1,437
0,500	0,417	2,700	1,479
0,550	0,448	2,800	1520
0,600	0,479	2,900	1,560
0,650	0,508	3,000	1,600
0,700	0,537	3,100	1,640
0,750	0,566	3,200	1,680
0,800	0,594	3,300	1,719
0,850	0,621	3,400	1,758
0,900	0,649	3,500	1,796
0,950	0,676	3,600	1,835
1,000	0,702	3,700	1,873
3,800		1,911	
1,100	0,754	3,900	1,948
1,200	0,805	4,000	1,986
1,300	0,855	4,100	2,023
1,400	0,904	4,200	2,060
1,500	0,951	4,300	2,096
1,600	0,999	4,400	2,133
1,700	1,045	4,500	2,169

ANEXO B: Requerimientos de la temperatura y humedad en el proceso de crianza.

Día	Rango de temperatura		Rango de humedad relativa	
	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Mínima	Máxima
1	31	34	30%	50%
2	31	34	30%	50%
3	31	34	30%	50%
4	31	34	30%	50%
5	31	34	30%	50%
6	31	34	30%	50%
7	31	34	30%	50%
8	27	30	40%	60%
9	27	30	40%	60%
10	27	30	40%	60%
11	27	30	40%	60%
12	27	30	40%	60%
13	27	30	40%	60%
14	27	30	40%	60%
15	23	26	50%	60%
16	23	26	50%	60%
17	23	26	50%	60%
18	23	26	50%	60%
19	23	26	50%	60%
20	23	26	50%	60%
21	23	26	50%	60%
22	19	22	50%	65%
23	19	22	50%	65%
24	19	22	50%	65%
25	19	22	50%	65%
26	19	22	50%	65%
27	19	22	50%	65%
28	19	22	50%	65%
29	15	18	50%	70%
30	15	18	50%	70%
31	15	18	50%	70%
32	15	18	50%	70%
33	15	18	50%	70%
34	15	18	50%	70%
35	15	18	50%	70%

ANEXO C. CÓDIGO DEL PROGRAMA DESARROLLADO CON EL PIC 16F876

```

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//
//      "CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA          //
//      DE UN CLIMATIZADOR AUTOMÁTICO PARA LA REDUCCIÓN    //
//      DE LA MORBILIDAD Y RETARDO DE CRECIMIENTO DE POLLOS" //
//
//      UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA                //
//      Facultad de Ingeniería Electrónica-Sistemas        //
//
//      Escuela Académico Profesional de Electrónica        //
//
// Nombre      : RX-CONTROL.C                               //
// Autores     : William Gomez De la Cruz                  //
//              Richard Gomez De la Cruz                  //
// Compilador  : CCS 4.128                                 //
// Date       : 10/09/2013                                 //
// Version    : 1.0                                        //
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

```

```

#include<PIC18F2550.h>           //Se declara PIC a usar
#define XT,PUT,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NOBROWNOUT,NODEBUG
//Palabra de configuración del microcontrolador
#define delay(clock=4000000)
#define rs232(baud=9600,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8,parity=N)
//Configura el módulo USART asincrono como receptor RX y transmisor TX
#include <DS1307.c>
#include <sht11.h>
#include <flex_lcd.c>
#define fast_io(b)
#define USE fast_io(c)
//#define fixed_io(a_outputs=PIN_A0)
int FLAG_BOTON;
enum MENU {NOVALE,CONFIG,MONI};
unsigned int8 temp_actual, humedad_actual;
typedef union
{
int16 i;
float f;
} valor;
valorhumedad,temperatura;
byte errorsht11,checksum;
int day=1,mth=1,year=13,dow=1,hr=12,min=0,sec=0;
charfecha[4];
#define BIT_BOTON1=FLAG_BOTON.7
#define BIT_BOTON2=FLAG_BOTON.6
#define BIT_BOTON_IN=FLAG_BOTON.1

```

```

#INT_RB
void ISR_RB()
{
  BOTON_IN=1;
  if(!input(PIN_B6)) BOTON2=1;
  if(!input(PIN_B7)) BOTON1=1;
}
void PRESENTACION(void);
void CONFIG_FECHA(void);
void MONITOREO(void);
void LECTURA_STH11(void);
/*****
/* Programa Principal */
*****/
void main()
{
  BOTON_IN=0;
  BOTON1=0;
  BOTON2=0;
  disable_interrupts(global);
  setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
  set_tris_b(0b11000000);
  lcd_init();
  lcd_send_byte(0,1); //Limpia LCD
  delay_ms(2);
  PRESENTACION();
  ds1307_init(DS1307_OUT_ENABLED | DS1307_OUT_1_HZ);
  ds1307_set_date_time(day,mth,year,dow,hr,min,sec);
  sht11_hard_reset();
  lcd_send_byte(0,1); //Limpia LCD
  delay_ms(2);
  enable_interrupts(global);
  enable_interrupts(INT_RB);
  while (TRUE)
  {
    if(BOTON_IN==1)
    {
      if(BOTON2==1)
      {
        lcd_send_byte(0,1); //Limpia LCD
        delay_ms(2);
        lcd_gotoxy(1,1);
        lcd_putc("CONFIG_FECHA");
        CONFIG_FECHA();
        delay_ms(250);
        FLAG_BOTON=0;
      }
    }
  }
}

```

```

else if(BOTON1==1)
    {
    lcd_send_byte(0,1);      //Limpia LCD
    delay_ms(2);
    lcd_gotoxy(1,1);
    lcd_putc("MONITOREO");
    MONITOREO();
    delay_ms(250);
    FLAG_BOTON=0;
    }
    lcd_send_byte(0,1);
    delay_ms(2);
    }
    ds1307_get_date(day,mth,year,dow);    // se obtiene la fecha
    ds1307_get_time(hr,min,sec);        // se obtiene la hora
    ds1307_get_day_of_week(fecha);
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc,"%02u/%02u/20%02u",day,mth,year);
    printf(lcd_putc," %02u:%02u:%02u",hr,min,sec);
    LECTURA_STH11();
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc,"T:%2.2f",temperatura.f);
    lcd_send_byte(1,0b11011111);printf(lcd_putc,"C"); //caracter de grados º
    printf(lcd_putc," HR:%2.2f%%",humedad.f);
    // delay_ms(250);
    }
}
void LECTURA_STH11(void)
{
    errorsht11=0;
    errorsht11+=sht11_medicion((byte*) &humedad.i, &checksum, HUM1); //measure
    humidity
    errorsht11+=sht11_medicion((byte*) &temperatura.i, &checksum, TEMP); //measure
    temperature
    if(errorsht11!=0)                //in case of an error: connection reset
    {
    printf(lcd_putc,"\n\rerror:%U", errorsht11);
    sht11_hard_reset();
    }
    else
    {
    humedad.f=(float)humedad.i;      //converts integer to float
    temperatura.f=(float)temperatura.i; //converts integer to float
    sht11_calculos(&humedad.f, &temperatura.f); //calculate humidity, temperature
    temp_actual = temperatura.f;
    humedad_actual = humedad.f;
    }
}

```

```

}
void PRESENTACION(void)
{
  lcd_gotoxy(7,1);    //columna 7, fila 1
  lcd_send_byte(1,0x55);delay_ms(200);
  lcd_send_byte(1,0x4E);delay_ms(200);
  lcd_send_byte(1,0x48);delay_ms(200);
  lcd_send_byte(1,0x5F);delay_ms(200);
  lcd_send_byte(1,0x46);delay_ms(200);
  lcd_send_byte(1,0x49);delay_ms(200);
  lcd_send_byte(1,0x45);delay_ms(200);
  lcd_send_byte(1,0x53);
  delay_ms(250);
  lcd_gotoxy(3,2);    //columna 1, fila 2
  Lcd_putc("ING. ELECTRONICA");
  delay_ms(2000);    //Espero 2 segundos
}
void CONFIG_FECHA(void)
{
  output_toggle(PIN_B4);
}
void MONITOREO(void)
{
  output_toggle(PIN_B5);

  //////////////////////////////////////
  //                                     //
  //      "CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA      //
  //      DE UN CLIMATIZADOR AUTOMÁTICO PARA LA REDUCCIÓN //
  //      DE LA MORBILIDAD Y RETARDO DE CRECIMIENTO DE POLLOS" //
  //                                     //
  //                                     //
  //      UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA              //
  //      Facultad de Ingeniería Electrónica-Sistemas      //
  //                                     //
  //      Escuela Académico Profesional de Electronica      //
  //                                     //
  // Nombre   : CLIMATIZADOR.C                             //
  // Autores  : WiliamGomez De la Cruz                     //
  //          : Richard Gomez De la Cruz                   //
  // Compilador : CCS 4.128                                 //
  // Date     : 10/09/2013                                 //
  // Version  : 1.0                                         //
  //////////////////////////////////////

#include <18F2550.h>
#fusesHSPLL,PUT,MCLR,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,USBDIV,PLL3,

```

```

CPUDIV1,VREGEN,NOPBADEN//Palabra de configuración del microcontrolador
#use delay(clock=48000000)
#use rs232(baud=9600,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8,parity=N)
//Configura el módulo USART asincrono como receptor RX y transmisor TX
#define USB_HID_DEVICE FALSE
#define USB_EP1_TX_ENABLE USB_ENABLE_BULK
#define USB_EP1_RX_ENABLE USB_ENABLE_BULK
#define USB_EP1_TX_SIZE 8
#define USB_EP1_RX_SIZE 8
#include<pic18_usb.h>
#include<PicUSB.h> //Configuración del USB y los descriptores para este
dispositivo
#include <usb.c> //handles usb setup tokens and get descriptor reports
#use fast_io(a)
#use fast_io(b)
#use fast_io(c)
//Asignacion de variables
//Asignacion de variables
#define LEDR PIN_C0
#define LEDV PIN_C1
#define LED_ON output_high
#define LED_OFF output_low
#define MODO recibe[0]
unsigned int8 Temp_actual,Humedad_actual;
char valor[3];
intenvia[2];
#INT_RDA
voidRDA_isr()
{
if (kbhit())
{
valor[0]=getc();
if (valor[0]=='T')
{
valor[1]=getc();
valor[2]=getc();
envia[0]=valor[1];
envia[1]=valor[2];
usb_put_packet(1, envia, 2, USB_DTS_TOGGLE);
}
else if (valor[0]=='C')
{
envia[0]=0;
envia[1]=0;
usb_put_packet(1, envia, 2, USB_DTS_TOGGLE);
}
}
}

```

```

}
//*****\\
// INICIO DE PROGRAMA \\
//*****\\
//Inicio del programa principal

void main(void)
{
char recibe[8];
chardia,mes,ano,dsem,hora,mtos,seg;
envia[0]=0;
envia[1]=0;
setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
set_tris_a(0x00); //Puerto A como salida
output_a(0x00); //Limpiamos el puerto A
set_tris_b(0x00); //Puerto B como salida
output_b(0x00); //Limpiamos el puerto B
set_tris_c(0b10000000);
LED_OFF(LEDV); //Apagamos led Verde
LED_ON(LEDV); //Encendemos led Rojo
usb_init(); //Inicializamos el USB
usb_task(); //Habilita perifericousb e interrupciones
usb_wait_for_enumeration(); //Esperamos PicUSB sea configurado por el host
delay_ms(50)
LED_ON(LEDV); //Encendemos led verde
LED_OFF(LEDV); //Apagamos led Rojo
enable_interrupts(global); //Activamos interrupciones globales
enable_interrupts(int_rda); //Interrupción por recepción de datos USART
while (TRUE)
{
if(usb_enumerated()) //Si el PicUSB está configurado
{
if (usb_kbhit(1)) //Si el endpoint de salida contiene datos del host
{
usb_get_packet(1, recibe, 8); //1 byte del EP1 lo almacenamos en recibe
MODO=recibe[0];
if (MODO=='t') {putc(1);}
elseif (MODO=='F')
{
dia=recibe[1];
mes=recibe[2];
ano=recibe[3];
dsem=recibe[4];
hora=recibe[5];
mtos=recibe[6];
seg=recibe[7];
putc(2);
}
}
}
}

```

```
putc(dia);  
putc(mes);  
putc(ano);  
putc(dsem);  
putc(hora);  
putc(mtos);  
putc(seg);  
    }  
    }  
}
```

ANEXO C. FOTOGRAFÍAS



FOTO 01 Vista panorámica del Galpón avícola de la "ASOCIACIÓN AGROPECUARIA PALCA PERÚ".



FOTO 02 Panel publicitario de la "ASOCIACIÓN AGROPECUARIA PALCA PERÚ".

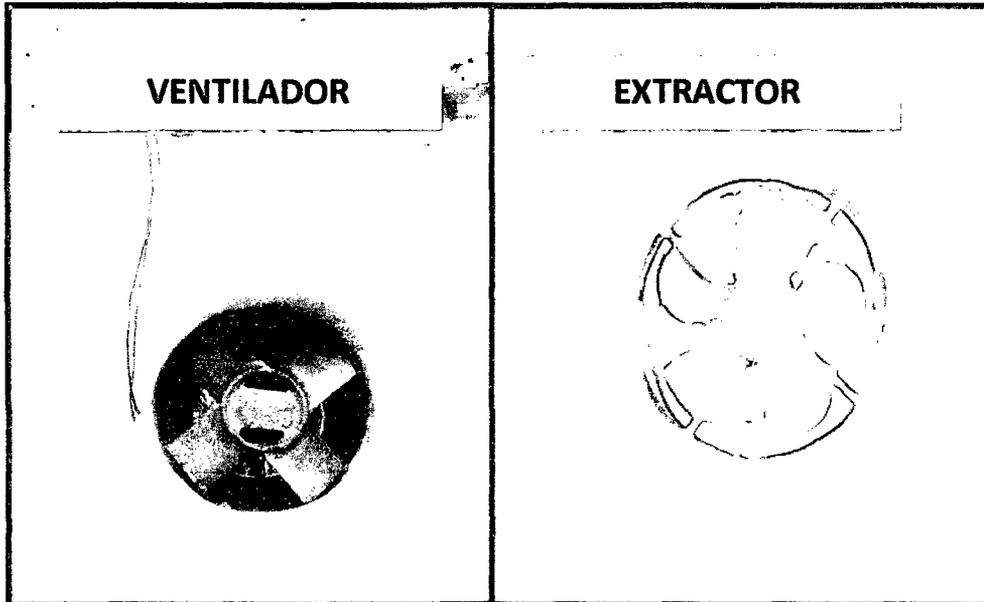


FOTO 03 Ventilador y extractor instalado en el Galpón avícola.



FOTO 04 Adaptación del tanque con la motobomba para el suministro de agua al micro aspersor.



FOTO 05 Campana calefactor a gas



FOTO 06 Preparando el servomecanismo para el control del calefactor

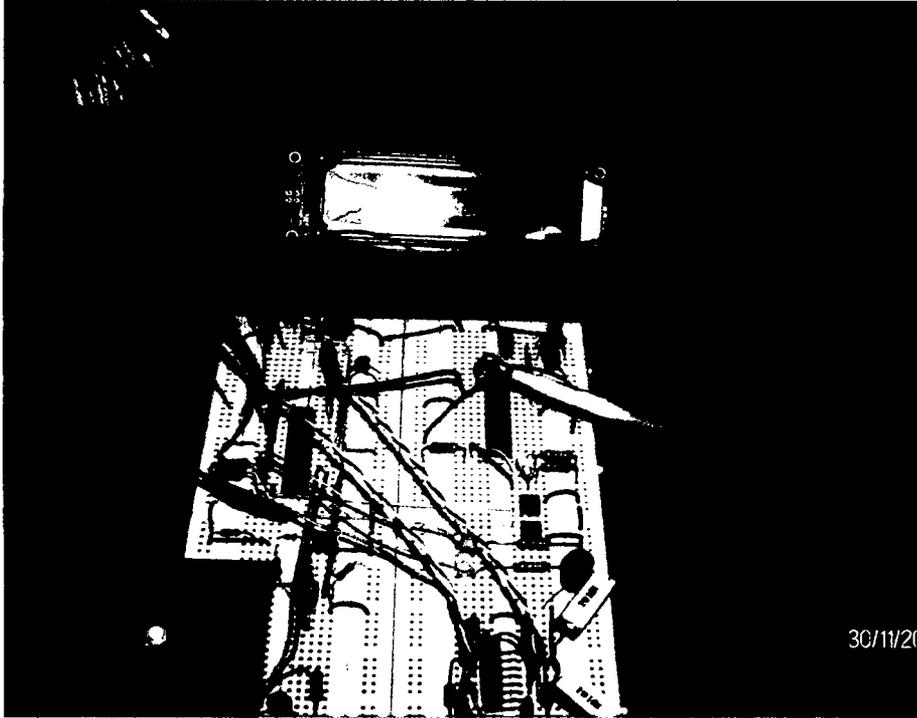


FOTO 07 Circuito electrónico del climatizador en funcionamiento



FOTO 08 Pollitos en el Galpón avícola con controlador

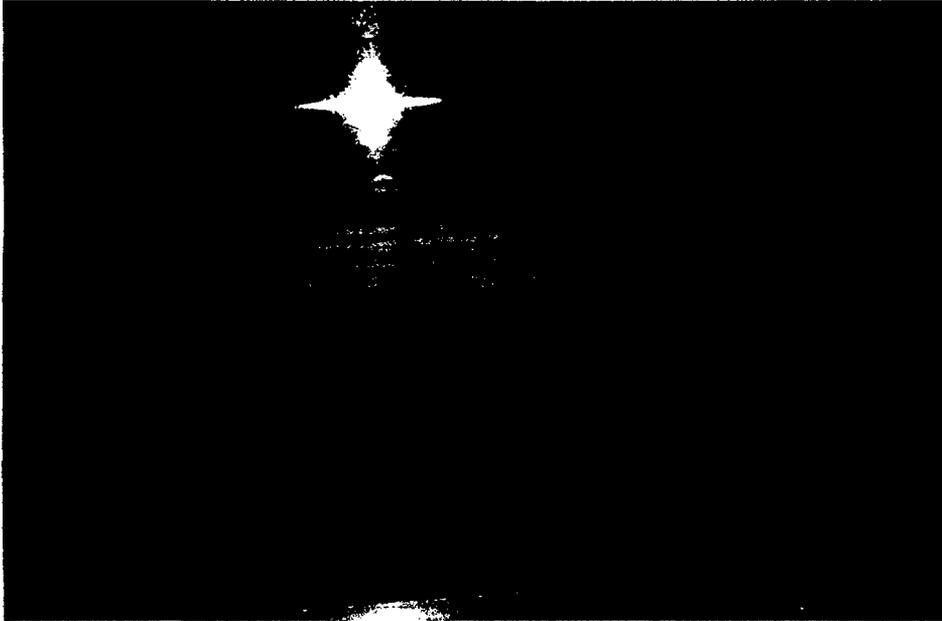
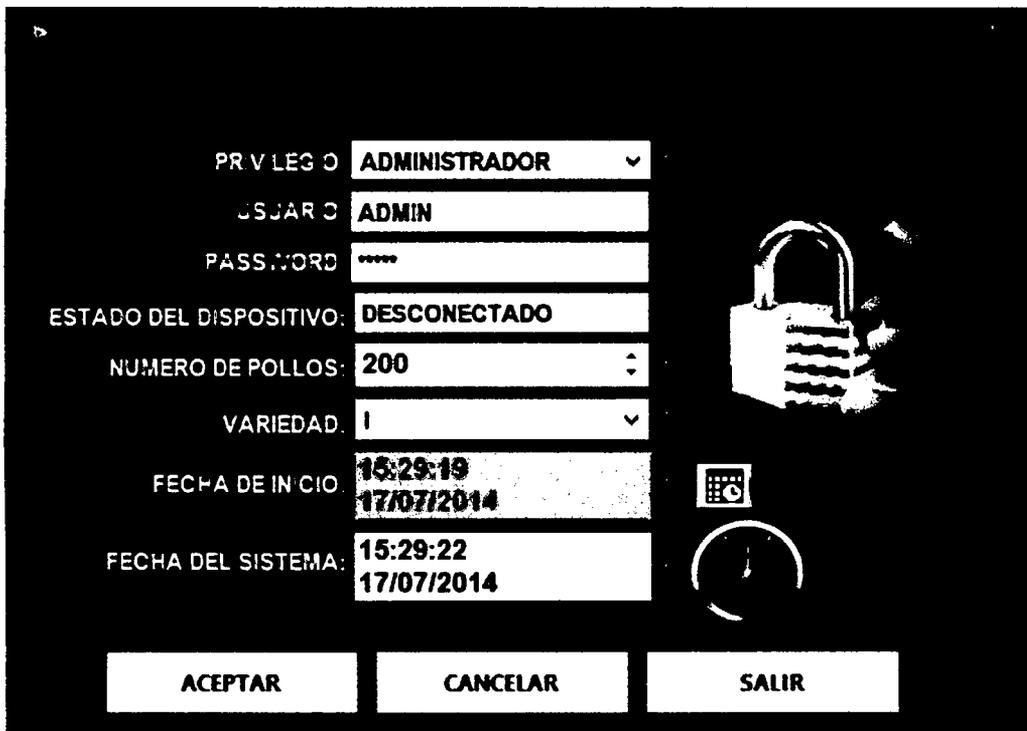


FOTO 09 Visualización y supervisión de Temperatura y Humedad relativa en tiempo real en la estación de control.

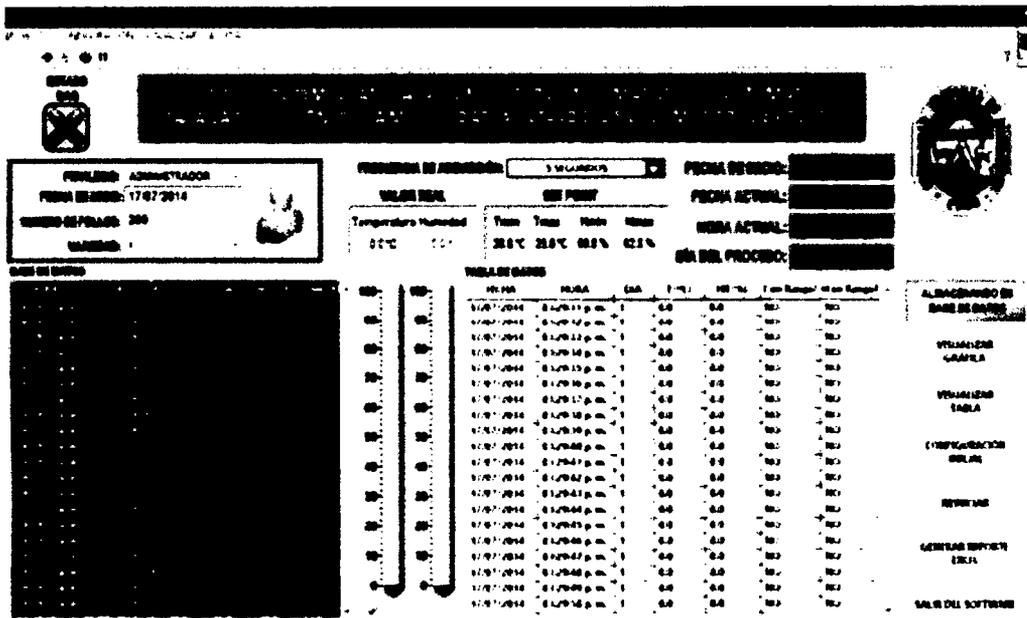


FOTO 10 Tomando el peso de los pollitos.

ANEXO D Aplicaciones desarrollados con Labview.



Vista del panel de ingreso y seguridad al sistema de control y monitoreo del climatizador automático.



Vista del panel frontal en Labview del sistema de control y monitoreo del climatizador automático.

DIAGRAMA DE BLOQUE DE PROGRAMCIÓN CON SOFTWARE LABVIEW DEL SISTEMA DE CLIMATIZADOR AUTOMÁTICO.

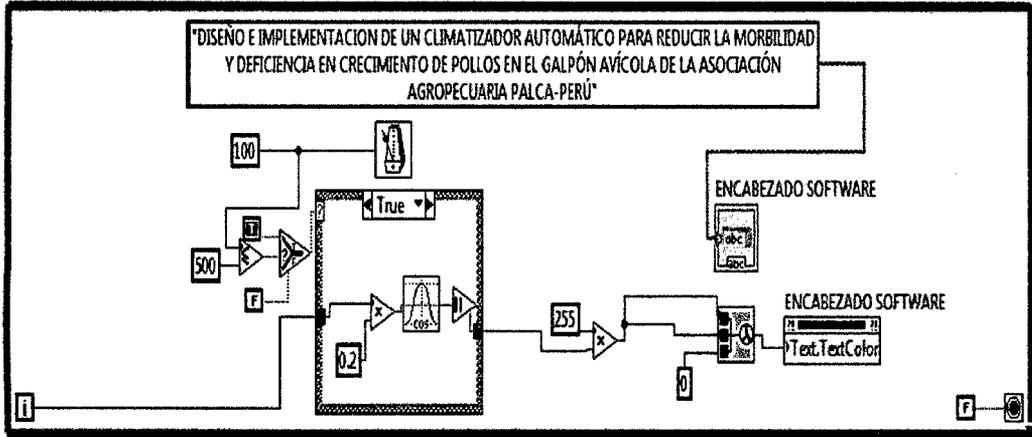


Diagrama de bloques de programa en Labview parte 1.

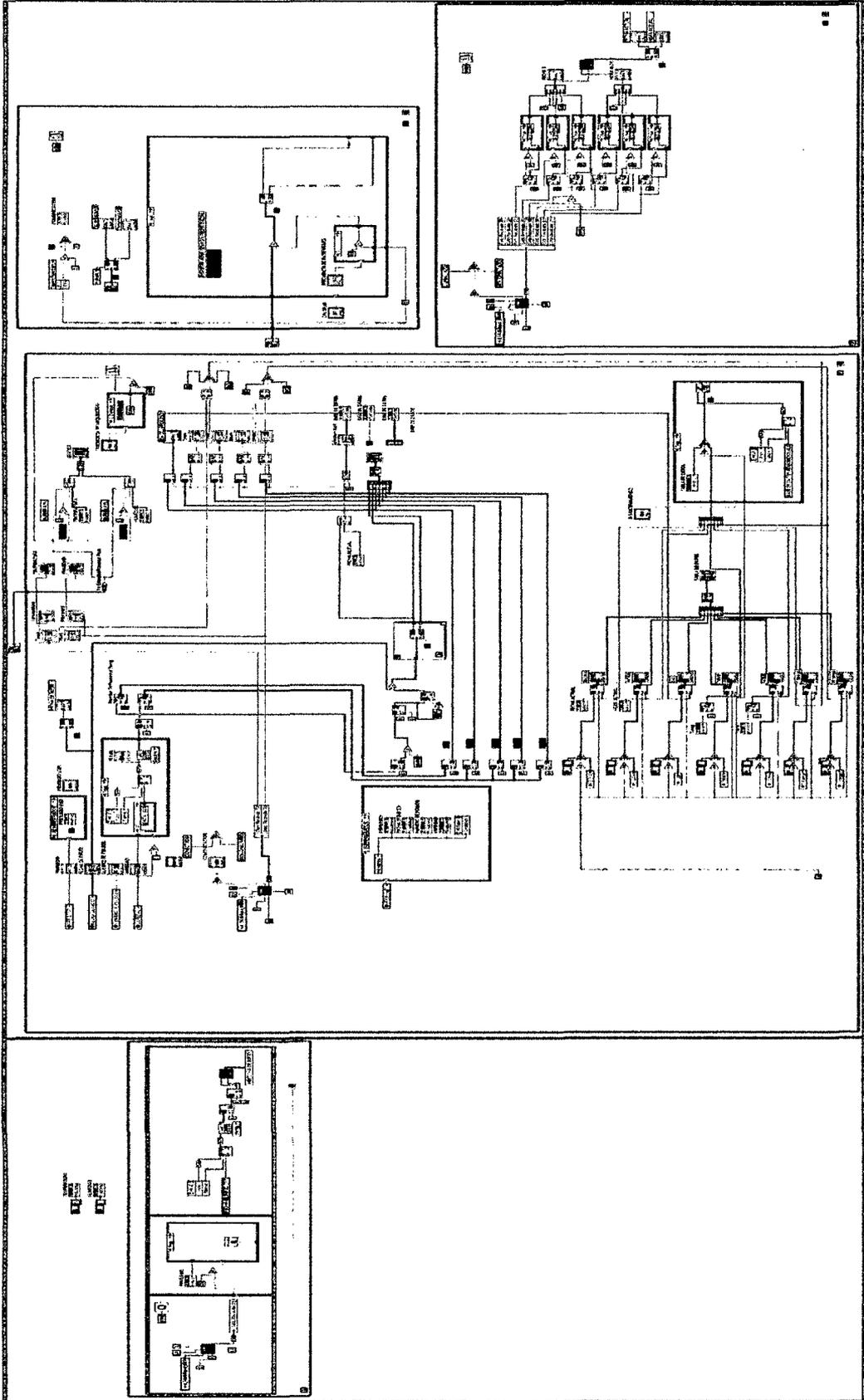
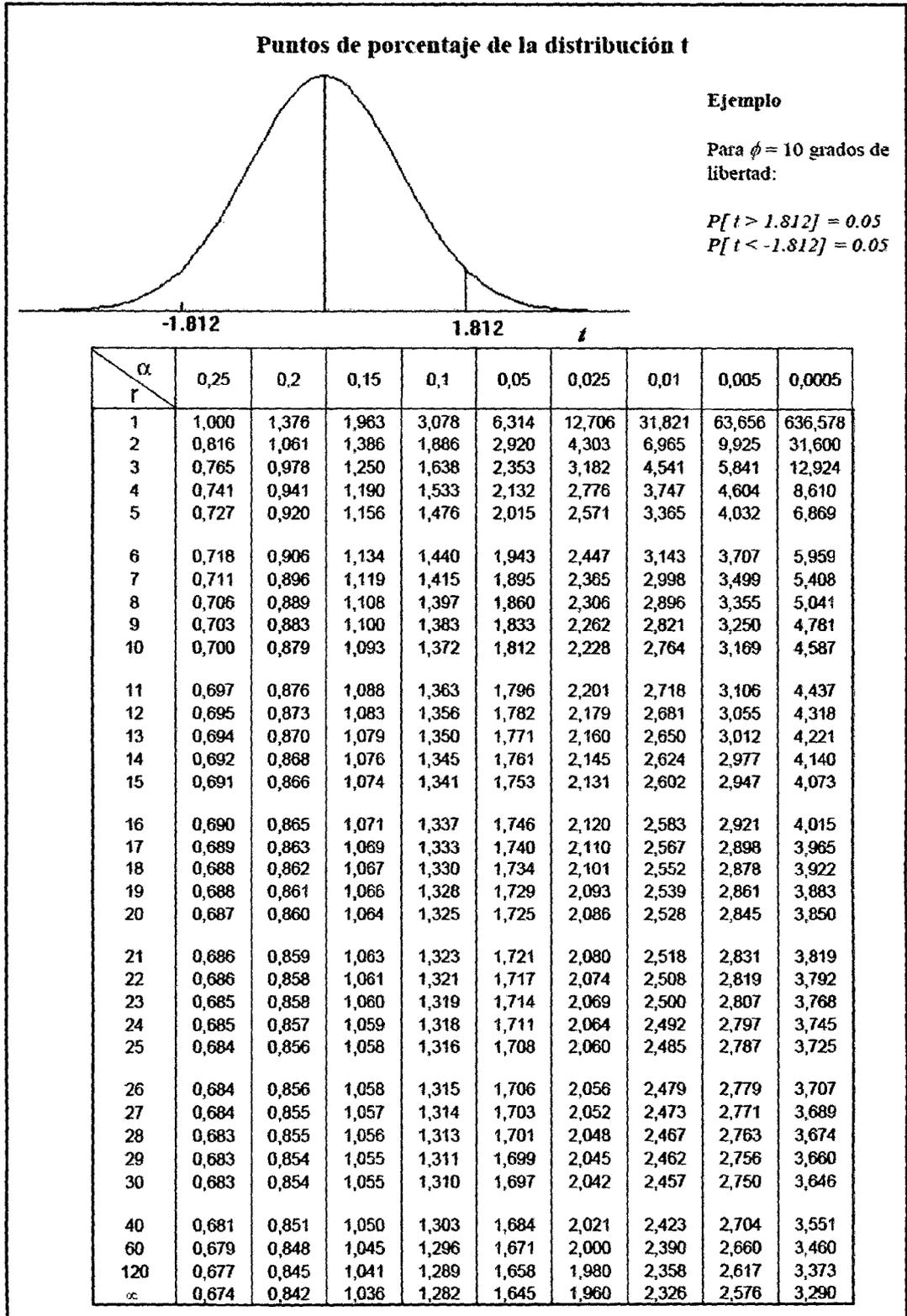


Diagrama de bloques de programa en Labview parte 2.

ANEXO E: Tabla de distribución t de Student.



ANEXO F: REGISTRO DE MORBILIDAD DE POLLOS EN LA "ASOCIACIÓN AGROPECUARIA PALCA PERÚ" 23 DE SETIEMBRE AL 21 DE OCTUBRE DEL 2013.

Periodo semana	N° de pollos		N° de pollos que presentan morbilidad				total de pollos con morbilidad	% de morbilidad
	Sanos	Por muerte	Con exudados nasales	Con asfixia	Con depresion y stress	Con diarrea blanquinosa		
Semana 1	193	4	0	1	2	0	7	3.50%
Semana 2	192	2	0	0	2	0	4	2.00%
Semana 3	192	1	0	0	1	0	2	1.00%
Semana 4	189	1	0	0	1	0	2	1.00%
Total		8	0	1	6	0	15	7.50%

(Con controlador)

Periodo semana	N° de pollos		N° de pollos que presentan morbilidad				total de pollos con morbilidad	% de morbilidad
	Sanos	Por muerte	Con exudados nasales	Con asfixia	Con depresion y stress	Con diarrea blanquinos a		
Semana 1	183	10	1	2	4	0	17	8.50%
Semana 2	175	5	3	1	6	0	15	7.50%
Semana 3	175	5	2	0	3	0	10	5.00%
Semana 4	173	3	1	0	2	1	7	3.50%
Total		23	7	3	15	1	49	24.50%

(Sin controlador)