



Diseñar e implementar de un sistema automático mediante control de temperatura y humedad para el mejoramiento en la crianza de cuyes

Ascuntar Tulcán, Alexis Albeiro

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica mención Instrumentación y Aviónica

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

16 de marzo del 2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Diseño e implementación de un sistema automático mediante control de temperatura y humedad para el mejoramiento en la crianza de cuyes”** fue realizado por el señor **Ascuntar Tulcán, Alexis Albeiro** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 16 de Marzo del 2021



Firmado electrónicamente por:
ZAHIRA ALEXANDRA
PROAÑO CAÑIZARES

Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

C.C.: 0502272131

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS_ASCUNTAR-
 ALEXIS.docx (D98549479)Submitted: 3/16/2021 5:21:00 PM
 Submitted By: aaascuntar@espe.edu.ec
 Significance: 2 %

2 Sources included in the report:

<https://core.ac.uk/download/pdf/198131375.pdf>
<https://eltallerdealexis.files.wordpress.com/2015/12/avance-1-monografia.pdf>
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/42381/3560901544181UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://docplayer.es/89566747-Facultad-de-ciencia-e-ingenierias-departamento-de-tecnologia-trabajo-de-seminario-de-graduacion-para-optar-al-titulo-de-ingeniero-en-electronica-tema.html> <http://www.mecamex.net/Libros/2019-Libro-SinergiaMecatronica.pdf>

3 Instances where selected sources appear:

5



Firmado electrónicamente por:
ZAHIRA ALEXANDRA
PROAÑO CAÑIZARES

PROAÑO CAÑIZARES, ZAHIRA ALEXANDRA
 DIRECTOR

C.C.: 0502272131



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y
AVIÓNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Ascuntar Tulcán, Alexis Albeiro** , con cédula de ciudadanía n° 0402084297, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Diseño e implementación de un sistema automático mediante control de temperatura y humedad para el mejoramiento en la crianza de cuyes”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 16 de Marzo del 2021

Ascuntar Tulcán, Alexis Albeiro

C.C.: 0402084297



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y
AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Ascuntar Tulcán, Alexis Albeiro** autorizó a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: “**Diseño e implementación de un sistema automático mediante control de temperatura y humedad para el mejoramiento en la crianza de cuyes**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 16 de Marzo del 2021

Ascuntar Tulcán, Alexis Albeiro

C.C.: 0402084297

Dedicatoria

Dedico el siguiente presente a mi madre y padre quienes son el pilar fundamental de mi vida, porque siempre me han brindado su cariño y ayuda incondicional en lo que he necesitado, enseñándome que siempre se debe luchar por cumplir una meta propuesta y que a pesar de los problemas que se presentan en el camino, seguir adelante siempre mirando el lado positivo con el ánimo y la fuerza de seguir adelante.

ASCUNTAR TULCAN, ALEXIS ALBEIRO

Agradecimiento

A Dios por darme la sabiduría y fortaleza que necesite durante el periodo de formación profesional, a mis padres hermano y hermana por la confianza depositada en mí, por los valores inculcados que considero son muy importantes para ser una persona de éxito y a pesar de todas las circunstancias de la vida siempre me demuestran que tengo una ayuda incondicional para cumplir con lo que me proponga, a mis profesores especialmente a mi tutora Ing. Zahira Proaño C. por haber sido mi guía durante la redacción e implementación del proyecto y por los conocimientos y experiencias otorgados que siempre entregaron lo mejor de ellos para obtener una formación profesional de calidad.

ASCUNTAR TULCAN, ALEXIS ALBEIRO

Tabla de contenidos

Carátula...	1
Certificación.....	2
Urkund.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	13
Índice de ecuaciones	15
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Introducción.....	18
Tema.....	18
Antecedentes	18
Planteamiento del problema.....	20
Justificación	20
Objetivos	21
<i>Objetivo general.....</i>	<i>21</i>
<i>Objetivos específicos</i>	<i>21</i>
Alcance	21
Marco teórico.....	22

Sistemas De Producción	22
<i>Producción familiar.....</i>	22
<i>Producción Comercial</i>	23
Condiciones e Infraestructura.....	23
Condiciones Medioambientales	23
<i>Temperatura</i>	23
<i>Humedad.....</i>	24
Humedad absoluta	24
Humedad relativa (HR)	24
Sistemas de control	25
<i>Control de lazo cerrado</i>	25
<i>Control de lazo abierto</i>	25
<i>Controladores.....</i>	26
Tipos de Controladores.	26
Lenguajes de programación	29
Sensores	30
Sensores de temperatura.....	30
Sensores de humedad	31
<i>Elementos finales de control.....</i>	31
Calefactor.....	31
Extractor.....	32

Ventilador.....	32
<i>Relé.....</i>	<i>33</i>
Tipos de Relé.....	34
<i>Protocolos de comunicación</i>	<i>34</i>
Comunicación paralela	34
Comunicación serie.....	35
<i>Cable de instrumentación.....</i>	<i>36</i>
Implementación del control automático.	37
Especificaciones del Galpón.....	37
Operación del proceso	37
Descripción del tipo de control utilizado.....	38
Diseño del galpón automatizado.....	38
<i>Selección del hardware</i>	<i>40</i>
Sensor de temperatura y humedad.....	40
Controlador	41
Etapa de potencia.....	43
Actuadores.....	44
<i>Calefactor.....</i>	<i>44</i>
<i>Extractor de aire</i>	<i>45</i>
<i>Ventilador.....</i>	<i>46</i>
Implementación del sistema.....	48

<i>Programación del microcontrolador</i>	48
<i>Conexión del hardware</i>	53
<i>Tablero de control</i>	56
Conexión de sensores y controlador	56
Conexión del módulo relé y actuadores	56
<i>Montaje de componentes</i>	57
Conclusiones y Recomendaciones.....	59
Conclusiones	59
Recomendaciones	60
Bibliografía.....	61
Anexos.....	68

Índice de tablas

Tabla 1 Tipos de sensores de temperatura.....	30
Tabla 2 Especificaciones técnicas DHT11	41
Tabla 3 Especificaciones técnicas de Arduino Nano.....	42
Tabla 4 Entradas y salidas del controlador utilizadas para el proyecto.....	42
Tabla 5 Especificaciones técnicas modulo relé	43
Tabla 6 Especificaciones técnicas calefactor	44
Tabla 7 Especificaciones técnicas extractor de aire	46
Tabla 8 Especificaciones técnicas ventilador.....	47
Tabla 9 Pines de conexión.....	55

Índice de figuras

Figura 1	Diagrama de bloques en lazo cerrado.	25
Figura 2	Diagrama de bloques a lazo abierto.....	26
Figura 3	Representación de la estructura interna de un controlador.	26
Figura 4	Representación esquemática de un microcontrolador.....	28
Figura 5	Representación esquemática de un relé.	34
Figura 6	Galpón para la crianza de cuyes.....	37
Figura 7	Diagrama de bloques de lazo de temperatura.....	39
Figura 8	Diagrama de bloques de lazo de humedad.....	40
Figura 9	Sensor DHT11.....	41
Figura 10	Modulo relé opto acoplado.....	43
Figura 11	Lámpara Infrarroja.	44
Figura 12	Extractor de aire.	46
Figura 13	Ventilador.	47
Figura 14	Diagrama de flujo del sistema de control de humedad y temperatura.	49
Figura 15	Librerías utilizadas para el proyecto.....	50
Figura 16	Asignación de pines.....	50
Figura 17	Definición de entradas y salidas.....	51
Figura 18	Lectura de datos de sensores.....	52
Figura 19	Control de temperatura y humedad.....	53
Figura 20	Simulación del esquema de la conexión del hardware.....	54
Figura 21	Conexión de sensor DHT11.....	56

Figura 22 Conexión de modulo relé y actuadores.....	57
Figura 23 Conexión de controlador y modulo relé.....	57
Figura 24 Interior del tablero de control.	58
Figura 25 Exterior de tablero de control.	58

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Caudal de aire.	32
Ecuación 2 . Volumen de prisma rectangular	32
Ecuación 3. Volumen de prisma triangular	32
Ecuación 4. Flujo de intercambio.....	33

Resumen

En el presente proyecto técnico, se realizó la implementación de un control automático de la temperatura y humedad en un galpón de cuyes, para optimizar el proceso de producción, de manera que las condiciones ambientales sean las adecuadas durante todo el periodo de crecimiento de los animales, evitando muertes y enfermedades relacionadas por los cambios bruscos de temperatura y humedad. El sistema de control automático en lazo cerrado, se usó como elemento primario de control el DHT11 que mide la temperatura y humedad; las mediciones se envían a través de una señal digital al microcontrolador ATmega 328P, que constituye la parte principal del sistema, pues de acuerdo a las lecturas de sus entradas y mediante el programa de control desarrollado, se activará o desactivará, automáticamente, los elementos actuadores (calefactor, ventilador y extractor de aire) seleccionados, en base a investigaciones realizadas, donde determinan los factores más importantes en el crecimiento de estos animales. Los elementos finales de control mencionados son conectados a través de una etapa de potencia conformado por el módulo relé de 4 canales, diseñado para operar con las señales de control proporcionadas por el microcontrolador, donde 5V representa el estado lógico alto, y 0V representa el estado lógico bajo. Es así como el control automático permite mantener la temperatura y humedad en los rangos adecuados para el crecimiento idóneo de los cuyes.

Palabras clave:

- **MICROCONTROLADOR ATMEGA 328P**
- **TEMPERATURA AMBIENTAL**
- **HUMEDAD RELATIVA**
- **GALPÓN CUYES_CARCHI**

Abstract

In this technical project, an automatic control of temperature and humidity in a guinea pig house was implemented to optimize the production process, so that the environmental conditions are adequate throughout the growth period of the animals, avoiding deaths and diseases related to sudden changes in temperature and humidity. The automatic control system in closed loop, was used as primary control element the DHT11 that measures temperature and humidity; the measurements are sent through a digital signal to the ATmega 328P microcontroller, which is the main part of the system, because according to the readings of its inputs and through the control program developed, it will automatically activate or deactivate the actuating elements (heater, fan and air extractor) selected, based on research conducted, where they determine the most important factors in the growth of these animals. The final control elements mentioned above are connected through a power stage consisting of a 4-channel relay module, designed to operate with the control signals provided by the microcontroller, where 5V represents the high logic state, and 0V represents the low logic state. This is how the automatic control allows maintaining the temperature and humidity in the appropriate ranges for the ideal growth of guinea pigs.

Key words:

- **ATMEGA 328P MICROCONTROLLER**
- **AMBIENT TEMPERATURE**
- **RELATIVE HUMIDITY**
- **GUINEA PIG HOUSE_CARCHI**

CAPÍTULO I

1 Introducción

Tema

Diseño e implementación de un sistema automático mediante control de temperatura y humedad para el mejoramiento en la crianza de cuyes.

1.1 Antecedentes

En la actualidad el uso de las nuevas tecnologías para la automatización de criaderos de animales ayuda en el mejoramiento de la crianza, por esto se han desarrollado sistemas para mantener en condiciones óptimas el medio de desarrollo.

Según (Cortés & Arenas, 2011) en su tesis “Sistema de control de temperatura para incubadora avícola con control difuso y la Plataforma LabVIEW” describen un sistema de control difuso de temperatura, que es programado mediante la plataforma de LabVIEW con sus herramientas Fuzzy. Es un sistema que cuenta también con un control digital de encendido y apagado para la humedad y temperatura que esta se eleva o disminuye apagando y encendiendo en los humidificadores para la incubadora avícola. Se usan sensores comerciales y una tarjeta de adquisición de datos (NI USB DAQ 6009); teniendo así la primera tesis realizada con esta tarjeta, fácil de usar y de entender su funcionamiento y su enlace con el programa de LabVIEW, que es de la misma familia de la National Instruments. Se utilizan sensores de temperatura que proporcionan una señal de voltaje baja que es leída por una tarjeta, la cual procesa y entrega otra señal, esta es enviada a una etapa de potencia la cual enciende según el proceso.

(Hernández, Pineda, & Bayona, 2012) en trabajo de investigación “Sistema de control de humedad y temperatura para invernaderos” indican: Se implementó un sistema de control que consiste de módulos de sensores en base al sensor DHT11,

módulos actuadores en base a relés de estado sólido y un módulo de control con los algoritmos, fusiones gráficas de agradable y útil interfaz a usuario mediante pantalla LCD gráfica y funciones de datalogger para posterior descarga y análisis de datos en PC. Todos los módulos se intercomunican de forma inalámbrica en la banda de 2.4GHz mediante transceiver TRF-2.4GHz, se eligió la comunicación inalámbrica porque disminuye en mucho los costos y el tiempo de instalación.

(Arias Poma, 2013) en su proyecto de tesis “Control automatizado de temperatura y humedad con plataforma LabVIEW para prevenir enfermedades respiratorias en la crianza de cuyes en el distrito de Vilca”, describen un sistema de control automatizado de temperatura y humedad con plataforma LabVIEW para lograr mantener un ambiente adecuado de los parámetros mencionados para galpón de cuyes, para la prevención de enfermedades respiratorias. Su diseño de dos grupos de control pre y post test, constituyendo una muestra representativa de 60 unidades de cuyes extraídas de una población de 600 unidades de cuyes accesibles del distrito de Vilca, y fueron seleccionados utilizando el muestreo tipo sistemático, quedando conformados por 30 unidades de cuyes en el grupo experimental y 30 unidades de cuyes en el grupo control. Para el procesamiento de datos se empleó el programa Microsoft Excel2013.

(Álvarez & Herrera, 2007) describen la implementación del “Sistema de control de temperatura y niveles de amoníaco para la crianza de aves en los galpones de Agrobema” y presentan los resultados obtenidos con el mismo, evidenciando así que la implementación de un sistema tecnológico puede mejorar notablemente la producción. Una de las condiciones más críticas en la crianza de aves es el manejo de la temperatura, por lo que el sistema está encaminado a contrarrestar sus efectos que en

gran parte conllevan a altas tasas de mortalidad en la camada resultando en perjuicio para los productores.

1.2 Planteamiento del problema

El Ecuador es un país con bajo desarrollo tecnológico en la crianza y cuidado del cuy, actividad que representa un importante ingreso económico para pequeños y medianos productores que normalmente son de las zonas rurales.

Actualmente el sistema utilizado para la crianza de estos animales es el familiar, en el cual las condiciones para la adaptación y mejoramiento de la producción no son favorables, es por esto que se implementará un sistema automático de control de temperatura y humedad relativa permitiendo una mejor crianza y reduciendo significativamente la mortalidad excesiva utilizando tecnologías con un presupuesto no muy elevado.

1.3 Justificación

Mediante el control de la temperatura y humedad del galpón de cuyes se tiene la posibilidad de mantener estas variables dentro de los parámetros permitidos, utilizando sensores de temperatura y humedad que toman los datos de las variables con gran precisión, característica necesaria para solucionar problemas de los cambios climatológicos bruscos.

Con esto se tiene la posibilidad de mejorar la crianza de cuyes puesto que de manera artesanal es muy difícil lograrlo debido a la alta tasa de mortalidad causada principalmente por enfermedades respiratoria, debido a que las condiciones de temperatura y humedad no son las apropiadas.

Para ello, para conseguir una buena producción y rentabilidad es necesario mantener las condiciones ambientales óptimas a lo largo de la crianza.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar e implementar un sistema automático mediante control de temperatura y humedad para el mejoramiento de la crianza de cuyes.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar las condiciones de confort en las cuales la crianza de los cuyes es favorable para obtener una mejor producción en el menor tiempo posible.
- Analizar los diferentes métodos utilizados para medición y control de la temperatura y humedad con sus respectivos costos.
- Analizar las características ambientales y estructurales donde se implementará el sistema.
- Desarrollar el programa de control basado en lenguaje C++ de Arduino para establecer los niveles de temperatura y humedad dentro de los parámetros normales.

1.5 Alcance

El diseño de los sistemas electrónicos de control de temperatura y humedad se basan en el análisis de las condiciones ambientales del sector de Agua Fuerte que típicamente es un clima frío, además de otros factores que influyen directamente en la producción de cuyes tales como la estructura del galpón de crianza.

En base a lo indicado anteriormente se procederá a la implementación del mismo, lo que involucrará, el diseño y elaboración de planos que definan los aspectos de instalación, conexión de sensores, actuadores y elementos de control con su respectiva descripción técnica.

CAPITULO II

2 Marco teórico

Para la implementación del sistema automático mediante control de humedad y temperatura se empleará los conocimientos de programación del microcontrolador que se utilizará como plataforma de control. Además, es necesario conocer las condiciones del medio ambiente confort para el desarrollo óptimo en la crianza de cuyes (Solorzano Altamirano, 2014).

2.1 Sistemas De Producción

Dependiendo de la tecnología y el propósito deseado de las unidades productivas de cuyes, existen diferentes niveles. A continuación, se describen los principales niveles de producción de cuyes (Zaldívar, 1997).

2.1.1 *Producción familiar*

Sistema de bajo costo caracterizado por el uso de los recursos provenientes del núcleo familiar siendo la más difundida en la región andina donde la base de insumos y mano de obra están disponibles en el hogar. Los insumos alimenticios empleados son, por lo general, malezas, residuos de cosechas y de cocina. El ambiente de crianza es normalmente la cocina, donde la fuente de calor del fogón los protege de los fuertes cambios de temperatura. En otros casos, se construyen pequeñas instalaciones colindantes a las viviendas, aprovechando eficientemente los recursos disponibles de la finca. El número de animales está determinado básicamente por el recurso alimenticio disponible. El cuy criado bajo este sistema, constituye en una fuente alimenticia de bajo costo, siendo ocasionalmente utilizado como reserva económica para los momentos en que la familia requiere de liquidez (Jaramillo, 2011).

2.1.2 Producción Comercial

En este tipo de crianza se invierten recursos económicos, entre los que se encuentran la construcción de infraestructura, la adquisición de reproductores, y la implementación de forrajes, alimento balanceado, botiquín veterinario y mano de obra, entre otros; es indispensable evaluar los costos de producción para obtener un producto económicamente rentable. Este tipo de crianza se está impulsando para incrementar la productividad; para ello, se brinda las condiciones adecuadas, como las pozas para un empadre controlado, buena ventilación, buena iluminación al interior del galpón y la temperatura adecuada, que debe fluctuar entre 15 a 20 °C, con humedad por debajo del 75% (Quispe, 2015).

2.2 Condiciones e Infraestructura

El cuy es sensible bajo ciertas condiciones climáticas, adaptándose de mejor manera en zonas frías con un rango de temperatura de 18 a 24°C, cuando la temperatura es superior a 34°C o inferior a 3°C, se presentan postración por el calor o frío excesivo, además, la humedad relativa aceptable no debe ser mayor del 65% con el objetivo de evitar la sobrevivencia de los microorganismos patógenos que causan problemas respiratorios con mayor frecuencia (Baños Murillo, 2010).

Las instalaciones deben satisfacer las exigencias de vida y producción de la especie, por lo que es necesario diseñarlas de tal forma, que la temperatura y humedad sean controladas de forma automática (Kajjak, 2015).

2.3 Condiciones Medioambientales

2.3.1 Temperatura

Es una magnitud física a las nociones comunes de caliente o frío de un cuerpo o del medio ambiente que puede ser medida. El concepto de caliente se asocia a una temperatura más alta, mientras que frío relaciona una temperatura más baja,

usualmente medida en grados Kelvin($^{\circ}\text{K}$), grados Fahrenheit($^{\circ}\text{F}$) y grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) comúnmente denominados grados centígrados (Hincapié Montes, 2011).

Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicaciones por la precisión, velocidad de captación y la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor o controlador (Marin Santana, 2017).

2.3.2 Humedad

Cantidad de vapor de agua en el aire a una determinada temperatura. Puede ser expresada mediante humedad absoluta, humedad relativa o el grado de humedad. Afectando directamente en el proceso de crecimiento de los animales, según investigaciones realizadas para mejorar la crianza, se ha demostrado que las variaciones de la humedad en su hábitat, son más susceptibles a enfermedades respiratorias, lo que causa una gran mortandad en la camada y como consecuencia una gran pérdida en los recursos de producción (Arias Poma, 2013).

2.3.2.1 Humedad absoluta

Es la cantidad de masa de vapor de agua contenida en una unidad de volumen de aire, se mide en gr/m^3 . Por tanto, la humedad absoluta constituye la densidad del vapor de agua existente en el aire que al interior del galpón varía un poco en el transcurso del día (Garcés Villacís, 2002).

2.3.2.2 Humedad relativa (HR)

Es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental, medida en porcentaje entre 0 y 100, donde 0 significa aire seco y 100% aire saturado resultante de la proporción que existe entre la humedad absoluta y la humedad de saturación que representa la condensación del aire determinados por su volumen y temperatura (Garcés Villacís, 2002).

2.4 Sistemas de control

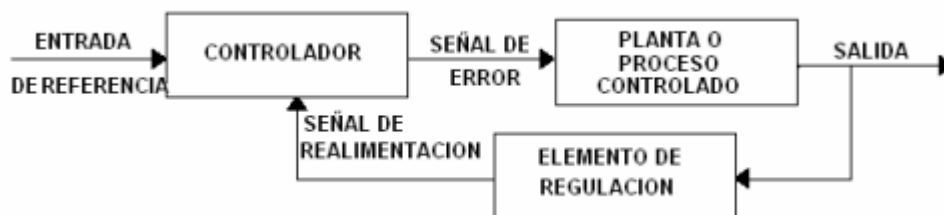
Conjunto de componentes físicos conectados o relacionados, de tal manera que forman una unidad compleja, con el objetivo de gobernar un sistema sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos, de manera que, regulen o dirijan su actuación por sí mismos, además, tiene la posibilidad de corregir los posibles errores que afecten a su funcionamiento. El operador cambia los valores del setpoint y el sistema de control se encarga de transmitirlos al sistema controlado a través de los accionamientos de sus salidas (Marquez Zurita, 2013).

2.4.1 Control de lazo cerrado

Sistema que, por medio de la realimentación como se observa en la figura 1, a través de los sensores desde el proceso hacia el sistema de control, permiten modificar la señal de entrada permitiendo conocer si las acciones ordenadas a los actuadores son las correctas sobre el proceso (Torres Capuz, 2015).

Figura 1

Diagrama de bloques en lazo cerrado.



Nota: Elementos de sistemas de lazo cerrado. Tomado de (Perez, Perez, & Perez, 2007).

2.4.2 Control de lazo abierto

En este sistema, la variable del proceso, no se relaciona ni se compara con la salida. La respuesta deseada se obtiene de los elementos de control como se observa

en la figura 2, por lo que, la exactitud de estos sistemas está determinada por su calibración (Ortega, 2015).

Figura 2

Diagrama de bloques a lazo abierto.



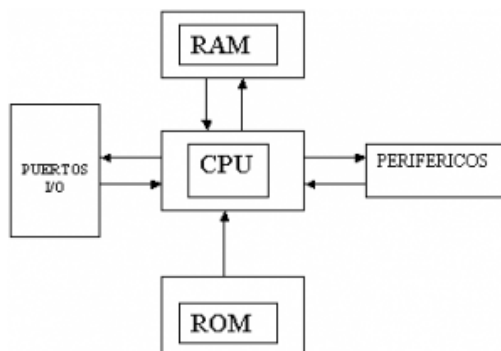
Nota: Elementos de sistemas de lazo abierto. Tomado de (Ortega, 2015).

2.4.3 Controladores

Instrumento capaz de entender una señal recibida del exterior, desde otro dispositivo tan simple como un pulsador, hasta las más complejas como un sensor de su misma naturaleza (analógico o digital) y mediante las técnicas de control actúa para manipular la variable medida como se muestra en la figura 3 (Solé, 2005).

Figura 3

Representación de la estructura interna de un controlador.



Nota: Estructura interna de un controlador. Tomado de (Electrónica Estudio, 2019).

2.4.3.1 Tipos de Controladores.

Las aplicaciones o procesos industriales pueden ser de distinta naturaleza , pero todos requieren de un control de las magnitudes físicas para mantener el valor deseado de una variable aplicando una acción de corrección cuando la variable medida

presenta una desviación sin la intervención humana, en la actualidad existe una gran variedad de controladores que relaciona coste-beneficio, de acuerdo a la aplicación requerida, pero su principio de funcionamiento es el mismo en todos ellos, a partir del valor de sus entradas se modifica el valor de sus salidas (Enríquez, 2012).

A continuación, se detalla lo que es un microcontrolador y microprocesador.

Microprocesador

Un microprocesador es un circuito de alta escala de integración (chip programable), compuesto por miles de circuitos más simples como: flipflops, contadores, registros, decodificadores, comparadores, etc.; todos ellos distribuidos internamente en varios bloques funcionales, la programabilidad de un microprocesador se refiere a la capacidad que éste tiene para que su función sea definida a través de un programa. El programa consta de una serie de instrucciones relacionadas, ejecutadas secuencialmente, una a la vez, por el microprocesador y que pueden implicar operaciones, por ejemplo: suministrar señales para los demás elementos del sistema, buscar y traer datos desde la memoria, transferir datos desde y hacia los dispositivos de entrada y salida, decodificar instrucciones, realizar operaciones lógicas o aritméticas, etc., (Chilig & Malla, 2013).

Microcontrolador

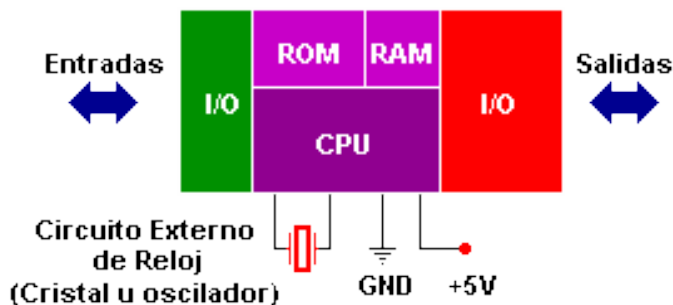
Los microcontroladores son computadoras digitales integradas en un chip que cuenta con un microprocesador o unidad de procesamiento central, una memoria de almacenamiento del programa, memoria para el almacenamiento de datos y puertos de entrada y salida que cumplen con una tarea específica como se aprecia en la figura 4. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los usados en un computador, los microcontroladores son unidades autosuficientes y más económicas (Aguayo, 2009)

Son ampliamente utilizados como la unidad central de procesamiento en la mayoría de los sistemas que controlan máquinas, componentes de sistemas complejos, aplicaciones industriales de automatización y robótica, domótica, equipos médicos, sistemas aeroespaciales y la actualidad en la mayoría de dispositivos de uso diario como los vehículos y electrodomésticos (Chilig & Malla, 2013).

- Un microcontrolador dispone de los siguientes componentes:
- Unidad central de procesamiento CPU.
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa que pueden ser de tipo ROM/EPROM/EEPROM/FLASH.
- Puertos de E/S para comunicaciones con componentes externos.
- También dispone de bloques de apoyo para mayor flexibilidad en aplicaciones:
- Módulos de control de periféricos como temporizadores, puertos serie y paralelo, generador de impulsos de reloj para sincronizar el funcionamiento de todo el sistema.
- Sistema para alimentación y protección de sobrecorriente o cortocircuito.

Figura 4

Representación esquemática de un microcontrolador.



Nota: Estructura interna de un microcontrolador. Tomado de (Rueda, sf).

Los microcontroladores se desarrollan principalmente para cubrir diferentes aplicaciones puntuales, es decir para ejecutar un pequeño número de tareas, con un costo muy bajo por ser un sistema embebido en la aplicación, en cambio los microprocesadores se desarrollan para el uso en ordenadores personales y estaciones de trabajo donde se requiere elevadas potencias de cálculos a grandes velocidades de procesamiento (Valdés & Pallas, 2007).

2.4.3.2 Lenguajes de programación

Cualquier microprocesador o microcontrolador ejecuta las instrucciones de un programa en lenguaje o código de máquina que está constituido por código binario unos y ceros, generalmente denominado código ejecutable cargado en la memoria flash que pueden tener 12,14 o 16 bits de longitud dependiendo de la arquitectura del microcontrolador representado en el sistema de numeración hexadecimal (Valdés & Pallas, 2007).

Lenguaje ensamblador

Cada tipo de microcontrolador tiene su propio lenguaje ensamblador, conocido como código fuente que no lo puede ejecutar de manera directa, pues se debe traducir al lenguaje binario a través del proceso denominado ensamblaje, que lo realiza el programa ensamblador (Zapata, 2011).

Lenguaje compilador

- **Lenguaje C**

Actualmente es casi un estándar por ser un lenguaje de alto nivel que posee gran versatilidad para el desarrollo de aplicaciones, el mismo código se puede utilizar muchas veces en diferentes proyectos haciendo que sea accesible para cualquiera que conozca este lenguaje (Zapata, 2011).

2.4.4 Sensores

Dispositivos que miden la variación de las magnitudes físicas para las cuales se diseñaron, imitando la capacidad de percepción de los seres humanos, por ello es que son una parte fundamental para el desarrollo de aplicaciones en cualquier área tecnológica (Serna, 2010).

2.4.4.1 Sensores de temperatura

La temperatura puede ser medida de varias formas, ya que existe una gran variedad de sensores diseñados con diferentes tipos de naturaleza.

Tabla 1

Tipos de sensores de temperatura.

Eléctricos	Mecánicos	Radiación infrarroja
Termocuplas	Sistemas de dilatación	Pirómetro
Termorresistencias	Termómetros de vidrio con líquido	Óptico
Termistores	Termómetros Bimetálicos	Pasa banda
Diodos		Relación
Sensores de silicio		Infrarrojos

Nota: Clasificación de los sensores de temperatura. Tomado de (Aragonés, y otros, 2003).

Los sensores eléctricos, son los más usados en la industria por sus características de fabricación, su principio de funcionamiento consiste en el contacto directo con el cuerpo a ambiente que se desea medir y según su diseño y materiales de fabricación, entregan una señal eléctrica que se envía a un controlador para ser tratada y de esta manera se controla la temperatura de manera automática (Sobrevila, 2008).

Los sensores de temperatura mecánicos basan su funcionamiento en dos aleaciones metálicas que se dilatan o contraen en distinto grado de acuerdo al grado de nivel de temperatura lo que produce que la tira metálica se enrolle o se desenrolle, y mediante un

conjunto de engranes el movimiento lineal se convierte en giratorio para la aguja indicadora. Ideales para conocer y controlar la temperatura de manera manual, debido a esto se utilizan en instalaciones de aire acondicionado, motores de barcos o maquinas industriales plantas petroquímicas (Gesa Termómetros, S.L.;, s.f.).

Finalmente, los sensores de temperatura de radiación infrarroja, se diseñaron para evitar el contacto directo del sensor con el objeto o ambiente que se requiera medir, utilizado cuando el objeto es pequeño, movable o inaccesible y procesos dinámicos que requieran de respuesta rápida o temperaturas mayores a 1000°C (Aragonés, y otros, 2003).

2.4.4.2 Sensores de humedad

Partiendo de que no existe una tecnología de medición que sea apropiada para todas las aplicaciones, las mediciones de humedad relativa pueden ser hechas por sensores basados en: psicometría, deformación, resistivos, capacitivos y algunos otros tipos para aplicaciones más específicas. Para procesos en los cuales se requiere de confiabilidad y estabilidad el uso de procesos de fabricación CMOS industriales que integran un microchip, que son relativamente inmunes a la contaminación superficial ya que no afecta su exactitud (MetAs & metrologos Asociados, 2008).

2.4.5 Elementos finales de control

Conocidos también, como actuadores. Son los dispositivos que modifican alguna característica del proceso, o la variable manipulada, de acuerdo a las órdenes recibidas desde el controlador, según el proceso y los objetivos requeridos (Villajulca, 2010).

2.4.5.1 Calefactor

Dentro de la industria la calefacción infrarroja se ha utilizado de forma exitosa, la radiación es el mecanismo por el cual se obtiene calor que está determinado por los

materiales utilizados en la fabricación de los tubos y la resistencia eléctrica, normalmente se construyen de cuarzo en forma uniforme de 360°, utilizando reflectores de metales pulidos para dirigir la radiación infrarroja como es el caso de la lámpara infrarroja, que es una forma de calefacción relativamente nueva con una gran eficiencia energética capaz de transformar el 90% en calor y solo el 10% en luz, su instalación es sencilla, similar a la de una bombilla tradicional (Morejon, 2017).

2.4.5.2 Extractor

Son los ventiladores en los que la boca de aspiración está conectada a un conducto y la boca de descarga está conectada a un espacio libre. Cálculo del caudal necesario para una correcta selección del ventilador y aprovechar de manera eficiente se lo hace con la aplicación de las siguientes fórmulas:

Obtener la máxima eficiencia el extractor debe tener un caudal mínimo de 10 veces mayor al volumen del recinto.

Para obtener el caudal necesario se aplica la fórmula de la ecuación 1:

Ecuación 1. *Caudal de aire.*

$$\text{Caudal} = \text{Volumen}(\text{m}^3) * 10$$

Para obtener el volumen de un prisma rectangular se aplica la fórmula de la ecuación 2:

Ecuación 2 . *Volumen de prisma rectangular*

$$\text{Volumen} = \text{Ancho} * \text{Largo} * \text{Alto}$$

Para obtener el volumen de un prisma triangular se aplica la fórmula de la ecuación 3:

Ecuación 3. *Volumen de prisma triangular*

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Base} * \text{Alto}}{2}$$

2.4.5.3 Ventilador

Los ventiladores son máquinas rotatorias capaces de mover una determinada masa de aire, a la que comunican una cierta presión, suficiente para que pueda vencer

las pérdidas de carga que se producirán en la circulación por los conductos (Soler&Palau, 2012).

Se componen de:

- Elemento rotativo
- Soporte
- Motor

Cálculo del flujo de ventilación

Para este cálculo se toma en cuenta el volumen total del ítem anterior y las veces que se requiera el intercambio (Macay, 2014).

Para obtener el flujo por intercambio de aire se aplica la fórmula de la ecuación 4:

Ecuación 4. *Flujo de intercambio*

$$FI = Volumen(m^3) * tiempo(s)$$

Para poder manejar la etapa de potencia de manera segura, es necesario el uso de un relé, de acuerdo a la señal que entrega el microcontrolador.

2.4.6 Relé

Dispositivo electromecánico activado por un pequeño pulso de control para manejar grandes potencias. Su funcionamiento se basa en el magnetismo que mediante un electroimán creado por la electricidad del pulso de control cambia el estado de reposo de los contactos, es decir los contactos normalmente abiertos (NA) se cierran permitiendo la circulación de corriente y los contactos normalmente cerrados (NC) se abren cortando la circulación de la corriente a través de estos como se indica en la figura 5 (Rashid, 2004).

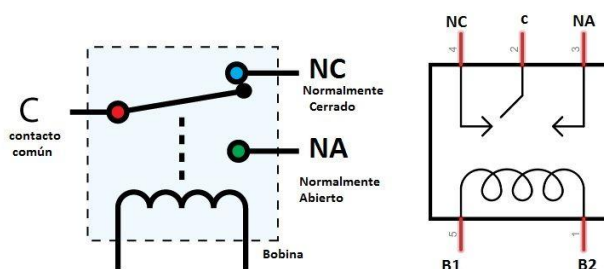
Características principales de un relé

- Voltaje de operación de la bobina.
- Voltaje e Intensidad soportada por los contactos.

- Numero de contactos NA y NC.
- Tiempo de conmutación.

Figura 5

Representación esquemática de un relé.



Nota: Estructura interna de un relé. Tomado de (Rashid, 2004).

2.4.6.1 Tipos de Relé

Existen diferentes tipos de relés

- Relés electromecánicos. – Según su tipo de activación tiene algunas variantes.
- Relés de estado sólido. – Utilizados donde su uso es prolongado y se requiera de una mayor velocidad de conmutación.
- Relés térmicos. – Usados para protección en caso de sobrecargas en motores.
- Relé Arduino. -Mediante una placa de control Arduino se puede controlar un relé para manejar encendidos de grandes cargas (SEAS, 2019).

2.4.7 Protocolos de comunicación

Estándar o norma, que rige los parámetros de comunicación entre dos a más dispositivos que pueden ser iguales o diferentes entre sí (Ballesteros Jordán, 2007).

2.4.7.1 Comunicación paralela

Los bits de un dato se transmiten de manera simultánea haciendo que la velocidad de transferencia sea rápida pero el número de líneas aumenta dependiendo de la cantidad de bits de tal manera que su costo también aumenta (Perez A. D., 2016).

2.4.7.2 Comunicación serie

Los bits de un dato uno tras de otro y según la forma en la que se envían se clasifican en: Comunicación síncrona y asíncrona.

Método síncrono

Consiste en el envío de una trama de datos que empieza con un conjunto de bits de sincronismo y termina en otro donde los bits de sincronismo sincronizan los relojes del emisor y receptor.

- **Inter Integrated Circuits (I2C)**

Permite la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos que lo permitan a una velocidad de 100 kbps y 3,4 MHz en algunos casos, de manera serial y sincrónica mediante las señales que se detallan a continuación:

- System Clock (SCL) línea de los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.
- System Data (SDA) Corresponde a la línea por la que se mueven los datos de un dispositivo a otro.
- GND Punto común para la interconexión de todos los dispositivos relacionados al bus (Carletti, 2007).

- **Interfaz periférica en serie (SPI)**

Estándar de comunicación habitual para la transferencia de datos entre circuitos integrados de cualquier dispositivo electrónico que lo permita. Cuenta con maestros que inicia la transferencia de información sobre el bus y genera la señal de reloj y control, y los esclavos se controlan por los maestros mediante una línea selectora en una sola dirección (Saúl, Garcí, & Cui, 2011).

Método asíncrono

No se dispone de señal reloj para sincronizar el envío de los datos se utiliza un bit de cabecera al inicio de cada carácter y uno o dos bits al final de esta manera el emisor y el receptor pueden decodificar el mensaje (Perez A. D., 2016).

- **Protocolo Transmisor-Receptor Asíncrono Universal (UART)**

Permite la comunicación entre un computador y un dispositivo periférico o entre microcontroladores, con capacidad para transmitir y recibir datos usando velocidades estándar que van desde 110 a 9216000bps (Costales Medina, 2008).

- **One Wire / 1-Wire**

Permite el envío de datos y de alimentación de varios dispositivos a través de un único cable de manera unidireccional a velocidades de 15kbps y 111kbps, la transmisión se la realiza mediante intervalos de tiempo, de esta manera el maestro inicia una secuencia de bits con un reset para que los esclavos conectados al bus respondan (Costales Medina, 2008).

2.4.8 Cable de instrumentación

Los cables de instrumentación son usados para transmitir señales entre dispositivos de medición y sus respectivos sistemas de control electrónico. Con el fin de prevenir interferencias entre los múltiples pares, ternas o cuartetos, es totalmente indispensable un correcto apantallamiento, cableado y aislamiento. De esta manera, se garantiza que las lecturas de los dispositivos sean correctas, evitando diafonías o impedancias excesivas entre ellas o con otras fuentes generadoras de ondas electromagnéticas. Por su papel determinante en los sistemas de automatización y control de procesos industriales su confiabilidad debe ser la máxima (VAELECTRICOS).

CAPÍTULO III

3 Implementación del control automático.

3.1 Especificaciones del Galpón

El galpón en el que se instaló el sistema automático se encuentra a una altitud de 2500 msnm, con una temperatura que generalmente varía de 8°C a 18°C y rara vez baja de 6°C y sube más de 20°C. La humedad relativa varía desde el 77% en los meses de agosto y septiembre, y hasta el 89% en el mes de noviembre.

Figura 6

Galpón para la crianza de cuyes.



Nota: Estructura del galpón de cuyes

Las dimensiones del galpón son: Galpón de techo a un agua, con un área de 13,120 m² con 2,25m en la parte más alta y 1,35m en la parte más baja con orientación nortesur que aprovecha la energía de los rayos del sol como se aprecia en la figura 6.

3.2 Operación del proceso

La temperatura debe mantenerse en el rango de 18 a 24°C y la humedad relativa no debe superar el 65% por tanto, la temperatura y humedad deben ser monitoreadas y controladas para mantener las variables medidas en el rango

establecido a través del accionamiento de los actuadores correspondientes, esto es, si la variable de temperatura es mayor que el valor máximo permitido, primero se activará el ventilador, pero si la variable de temperatura es menor, se enciende el calefactor. Finalmente, en el caso de que la variable de humedad sea mayor que el valor máximo, se activará el extractor.

El manejo del clima al interior del galpón, se realizará por medio de ventilación por presión negativa, que consiste en la introducción y extracción del aire de forma controlada. Por esto, el galpón debe estar cerrado de manera casi hermética

3.3 Descripción del tipo de control utilizado

El control de las condiciones ambientales dentro de un galpón no es un proceso crítico en el que se requieran de operaciones exactas, por lo tanto, se determina que el control de lazo cerrado ON-OFF con histéresis, es el más adecuado para la aplicación. Las variables (Humedad y temperatura) que se controlaran, no presentan cambios repentinos, por esta razón no se requiere de un control fino y los actuadores se encenderán o apagarán de acuerdo a los valores asignados.

3.4 Diseño del galpón automatizado

La primera parte corresponde a la adquisición de los valores de humedad y temperatura que son las variables a controlar, a través de la conexión de los sensores al controlador.

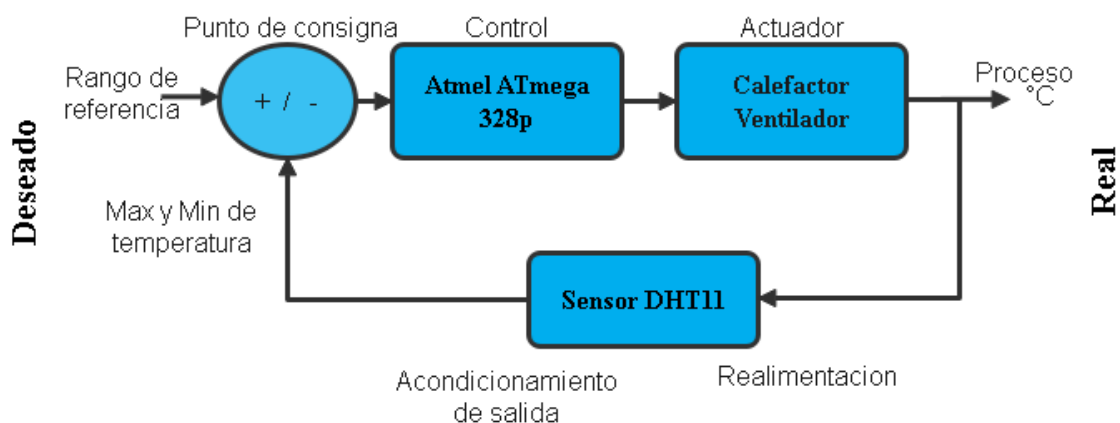
La segunda parte, lo conforma el microcontrolador, considerado el cerebro de todas las operaciones del sistema de control automático, y según los datos recibidos de los sensores tomará una decisión en base a la programación desarrollada utilizando el lenguaje de programación de Arduino IDE y emitirá una señal hacia los actuadores.

La tercera parte, está conformado por los actuadores, que son el calefactor, ventilador y extractor de aire. De esta manera se obtiene realizo dos esquemas que representan los elementos que influyen para el lazo cerrado de temperatura y humedad.

El lazo de temperatura que se observa en la figura 7, es controlado por el microcontrolador ATmega 328p que activa o desactiva los actuadores (ventilador y calefactor), y recibe la señal de realimentación por medio del sensor DHT11 de esta manera se establece que es un control a lazo cerrado.

Figura 7

Diagrama de bloques de lazo de temperatura.

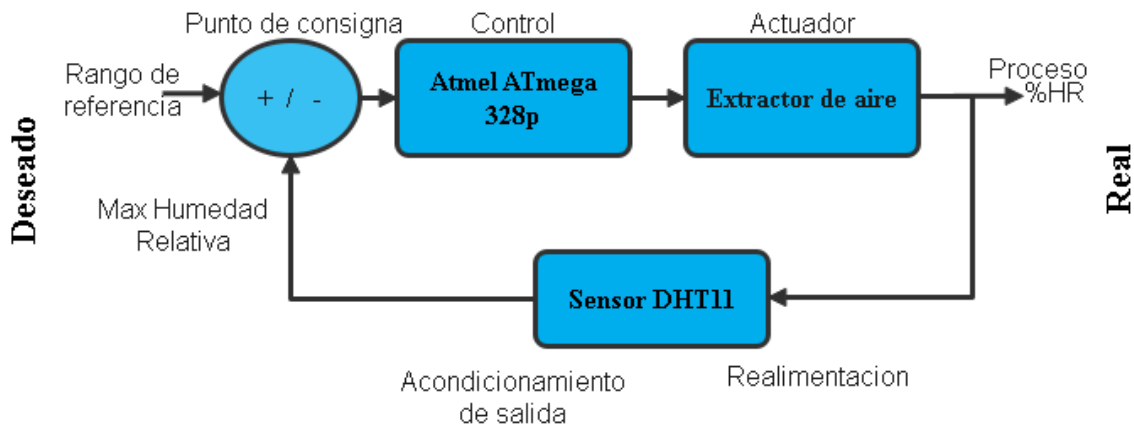


Nota: Elementos que intervienen para el control de temperatura.

El modo de control para el lazo de humedad, es similar al lazo de temperatura con la diferencia que este lazo solo modifica la variable manipulada por un solo actuador (extractor de aire) como se observa en la figura 8.

Figura 8

Diagrama de bloques de lazo de humedad.



Nota: Elementos que intervienen para el control de humedad.

3.4.1 Selección del hardware

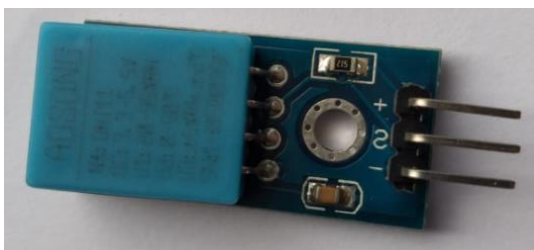
Una vez determinadas las principales características del sistema de control de humedad y temperatura se realizó la selección de los elementos: sensor, controlador y actuadores para lograr su correcto funcionamiento.

3.4.1.1 Sensor de temperatura y humedad.

La temperatura del galpón oscila entre 10°C y 30°C, y se debe mantener en el rango de 18°C a 24°C, la humedad relativa entre 70% y 80% y se debe mantener en un valor menor o igual al 65%, por tanto, el sensor DHT11 mostrado en la figura 9, se ajusta a los requerimientos, manteniendo una buena resolución en la medición y además de que se consigue ambas mediciones con un solo sensor.

Figura 9

Sensor DHT11.



Nota: Pines de conexión del sensor DHT11.

Tabla 2

Especificaciones técnicas DHT11

Parámetros	Valor
Rango de medición de temperatura	20-90% HR
Rango de medición de humedad	0-50°C
Precisión de humedad	±2°C
Precisión de temperatura	±5% HR
Voltaje de operación	3-5 V DC
Tiempo de sensado	1 s
Protocolo de comunicación	One-Wire

Nota: Características del sensor DHT11.

3.4.1.2 Controlador

La selección se la realizó de acuerdo al número de entradas y salidas requeridas y las principales características que son la capacidad de la memoria para el almacenamiento del programa y el voltaje de alimentación y la relación entre coste-beneficio. En este proyecto se necesitan 6 entradas y 12 salidas, por tanto, la mejor opción fue el controlador Arduino Nano.

Tabla 3*Especificaciones técnicas de Arduino Nano.*

Parámetros	Valor
Microcontrolador	ATmega 328P
Voltaje de operación	5V DC
Voltajes limite	4.8-20V
Pines de entrada y salida digitales	14 de los cuales 6 proveen salida PWM
Corriente DC por pin de entrada y salida	20mA
Corriente DC entregada en el Pin 3.3V	50mA
Memoria flash	32Kb
SRAM	2Kb
EEPROM	1Kb
Frecuencia de Reloj	16Mhz
Dimensiones	68,6x53,4mm

Nota: Características del controlador Arduino nano.

Tabla 4*Entradas y salidas del controlador utilizadas para el proyecto.*

Entradas	Pin Digital	Salidas	Pin Digital
Sensor DTH 1	A0	Calefactor	D13
Sensor DTH 2	A1	Ventilador	D12
Encoder	A2	Extractor	D11
Encoder	A3	E	D8
Encoder	A5	R	D7
Interruptor ON/OFF	D2	D4	D6
		D5	D5
		D6	D4
		D7	D3

Nota: En la tabla 4 se detalla a que pin del controlador se conectaron todos los elementos empleados para el proyecto.

3.4.1.3 Etapa de potencia

La selección se realizó en base al número de actuadores, y el voltaje con el que operan, además, que brinde una protección a la etapa de control ya que las cargas inductivas generan una corriente durante su funcionamiento, lo que puede causar interferencia y por consecuencia un mal funcionamiento del sistema, tomando en cuenta todas estas consideraciones se ocupó el módulo relé de 4 canales con opto acoplamiento.

Figura 10

Modulo relé opto acoplado.



Nota: Borneras de conexión del módulo relé.

Tabla 5

Especificaciones técnicas modulo relé

Parámetros	Valor
Voltaje de operación	5VDC
Señales de control	3.3V 0 5 VDC (0 V cierra contactos NA)
Capacidad	10A/250 V AC, 10A/30V
Número relés (canales)	4
Tiempo de respuesta	0,2s a 2s

Nota: Valores de operación del módulo relé.

3.4.1.4 Actuadores

3.4.1.4.1 Calefactor

Para la selección del calefactor se tomó en cuenta el consumo energético y su vida útil, además debe ser eficiente al momento de mantener el calor al interior del galpón en el rango de 18°C a y que su sustitución, en caso de daño, sea fácil de realizarlo por tanto se seleccionó lámparas infrarrojas de 250W de la marca Maviju.

Figura 11

Lámpara Infrarroja.



Nota: Para el proyecto se utilizaron dos lámparas infrarrojas de las mismas características técnicas.

Tabla 6

Especificaciones técnicas calefactor

Parámetros	Valor
Marca	Maviju
Potencia	250W
Flujo luminoso	450 lm
Base	E27
Voltaje de operación	120V
Angulo de apertura	250°
Vida útil	60000

Parámetros	Valor
Dimensiones	125x180mm

Nota: Valores de operación de lámparas infrarrojas.

3.4.1.4.2 Extractor de aire

En la selección del extractor de aire, se consideró el caudal de aire por hora que se requiere mover, el material de construcción de las aspas metálico para obtener una mayor eficiencia y lo más importante que opere a 110V.

Cálculo del volumen de prisma rectangular aplicando la ecuación 1.

$$Volumen = 3,20m * 4,10m * 1,35m$$

$$Volumen = 17,71m^3$$

Cálculo del volumen de prisma triangular aplicando la ecuación 2.

$$Volumen = \frac{3,20 * 0,9}{2}$$

$$Volumen = 1,44m^3$$

$$Volumen = 17,71m^3 + 1,44m^3$$

$$Volumen = 19,15m^3$$

Cálculo de la capacidad del extractor aplicando la ecuación 3.

$$Volumen = 19,15m^3 * 10$$

$$\underline{Volumen = 191,5m^3/h}$$

El valor comercial más cercano es de 200m³/h, por tanto, se seleccionó el extractor de aire Cheka de 10".

Figura 12*Extractor de aire.*

Nota: Modelo del extractor de aire utilizado para eliminar exceso de humedad.

Tabla 7*Especificaciones técnicas extractor de aire*

Parámetros	Valor
Marca	Cheka
Potencia	78W
Voltaje de operación	120V
Amperaje	0.65A
RPM	1450
Materiales	Acero inoxidable
Diámetro	10" / 250mm
Tipo de instalación	Incrustar
Dimensiones (Ancho x Altura x Profundidad)	250 x 125 mm

Nota: Valores de operación del extractor de aire.

3.4.1.4.3 Ventilador

De acuerdo a los materiales de construcción del galpón se determinó que la temperatura al interior se incrementa demasiado rápido en los días soleados, rebasando

los 24°C fácilmente, de acuerdo a esto se aplicó la ventilación por intercambio que consiste la introducción de aire fresco durante determinados intervalos de tiempo.

Para obtener el flujo necesario se aplicó la fórmula de la ecuación 4 y se obtuvo el siguiente resultado

$$FI = 19,15m^3 * 45$$

$$**FI = 861,75m^3/h**$$

El valor comercial, más cercano al requerido es de 850 m³/h, por tanto, se seleccionó el ventilador Cheka de 12”.

Figura 13

Ventilador.



Nota: Modelo del ventilador utilizado dentro del galpón.

Tabla 8

Especificaciones técnicas ventilador.

Parámetros	Valor
Marca	Cheka
Potencia	93,21W
Voltaje de operación	120V
Amperaje	0,77A
RPM	1450
Materiales	Acero inoxidable

Parámetros	Valor
Diámetro	12" / 310mm
Tipo de instalación	Incrustar
Dimensiones (Ancho x Altura x profundidad)	310 x 125 mm

Nota: Valores de operación del ventilador.

3.5 Implementación del sistema

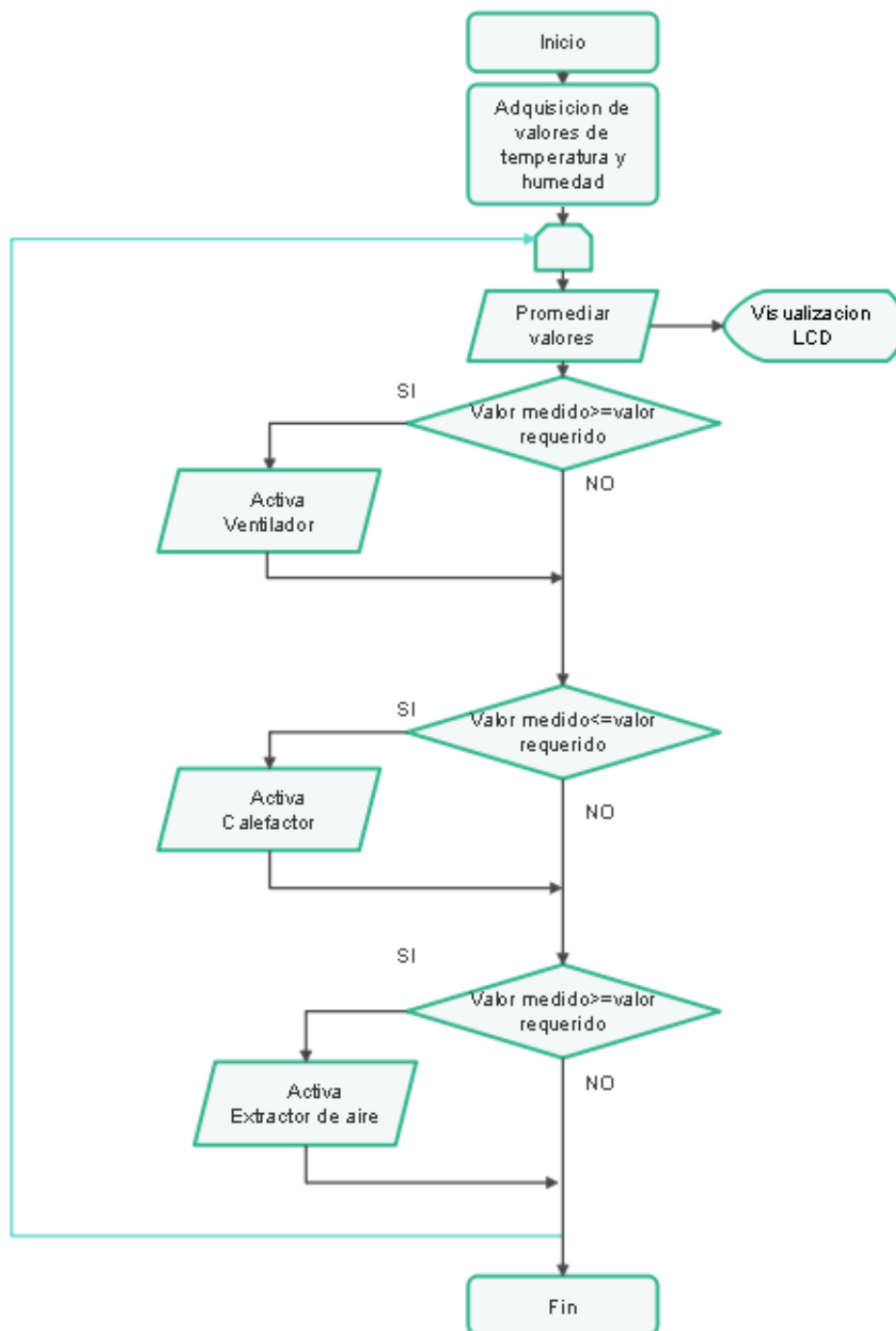
Se desarrollo el montaje e instalación de los elementos eléctricos y electrónicos para el funcionamiento del sistema de control de temperatura y humedad.

3.5.1 Programación del microcontrolador

la programación se la realizó en el entorno de Arduino IDE debido a que incorpora todas las herramientas necesarias para la programación de la tarjeta Arduino nano.

Figura 14

Diagrama de flujo del sistema de control de humedad y temperatura.



Nota: Diagrama de flujo empleado para el desarrollo de la programación.

El programa de contiene las instrucciones necesarias para el control del sistema, que se indican a continuación: Empezando desde la lectura de datos de sensores hasta el control de los actuadores.

- Incluir las librerías necesarias para el desarrollo del programa, como se muestra en la figura 15.

Figura 15

Librerías utilizadas para el proyecto.

```
#include <DHT.h>           // Libreria para utilizar el sensor DHT11
#include <Wire.h>          // Libreria para protocolo de comunicacion one wire
#include <LiquidCrystal.h> // Libreria para utilizar LCD

#define DHTPIN1 A0        //Seleccionar pin para lectura de datos del sensor DHT11(1)
#define DHTPIN2 A1        //Seleccionar el pin para lectura de datos del sensor DHT11(2)
#define DHTTYPE DHT11     //Indicar el tipo de sensor utilizado
```

Nota: Líneas de programación para incluir las librerías utilizadas y definición de variables para sensores.

- Asignar los pines para la conexión de todos los elementos que forman parte del sistema de control, como se muestra en la figura 16.

Figura 16

Asignación de pines.

```
int ventilador = 13;
int calefactor = 12;
int extractor = 11;
int ON = 10;
int OFF = 9;
int interruptorON_OFF = 2;

//Variables tipo flotante para representar numeros decimales.

float promH;           //Representar el promedio de humedad obtenido de los sensores
float promT;           //Representar el promedio de temperatura obtenido de los sensores
float Setpoint_TMAX=24; //Representa e indica el valor de setpoint de temperatura
float Setpoint_TMIN=18;
float Setpoint_HMAX=65; //Representa e indica el valor de setpoint de humedad
```

Nota: Líneas de programación correspondientes a la asignación de pines para la conexión de los elementos de mando y actuadores del proyecto.

- Definir cuales pines del controlador son entradas con la instrucción INPUT, que realiza la lectura de estos pines y las salidas como OUTPUT para la escritura o un cambio de estado de estos pines.

Figura 17

Definición de entradas y salidas.

```
void setup() {  
  
    dht1.begin();           //Inicia sensor 1  
    dht2.begin();           //Inicia sensor 2  
    lcd.begin(16,2);        //Inicia LCD 16x2  
    Serial.begin(9600);  
  
    // Configurar los pines como entradas o salidas  
    pinMode(ventilador,    OUTPUT);  
    pinMode(calefactor,    OUTPUT);  
    pinMode(extractor,     OUTPUT);  
    pinMode(ON,            OUTPUT);  
    pinMode(OFF,           OUTPUT);  
    pinMode(interruptorON_OFF, INPUT);  
}
```

Nota: Líneas de programación para definir los pines seleccionados como entradas para los elementos de mando y salidas para los elementos actuadores.

- Instrucciones para lectura de datos de sensores, obtener el promedio de las variables de humedad y temperatura mediante operaciones matemáticas básicas y mostrar en display LCD.

Figura 18

Lectura de datos de sensores.

```

float h1, h2, t1, t2 = 0;

delay(1000);
h1 = dht1.readHumidity();
t1 = dht1.readTemperature();
h2 = dht2.readHumidity();
t2 = dht2.readTemperature();
promH= (h1+h2)/2);
promT=(t1+t2)/2);

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Humedad: ");
lcd.print(promH);
lcd.print(" %");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Temp: ");
lcd.print(promT);
lcd.print(" *C");

if (isnan(h1) || isnan(t1)){
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("ERROR SENSOR 1 ");
}
if (isnan(h2) || isnan(t2)){
  lcd.setCursor(0, 0);

```

Nota: Líneas de programación para lectura e indicación de temperatura y humedad.

- Control de temperatura y humedad en el galpón, utilizando la sentencia if, que en base a comparaciones del valor promedio de temperatura y los valores máximos y mínimo establecido permite la activación o desactivación del ventilador y calefactor. Además, incluye el control de humedad que se regula mediante la comparación del valor promedio de humedad y el valor máximo establecido para activar o desactivar el extractor de aire.

Figura 19*Control de temperatura y humedad.*

```

// CONTROL DE TEMPERATURA
if (promT>Setpoint_TMAX){
    digitalWrite (ventilador,LOW);
delay(45000);
}
if (promT<=Setpoint_TMAX){
    digitalWrite (ventilador,HIGH);
delay(10000);
}
if (promT<=Setpoint_TMIN){
    digitalWrite(calefactor,LOW);
}
if (promT>Setpoint_TMIN) {
    digitalWrite(calefactor,HIGH);
}

// CONTROL DE HUMEDAD
if (promH>Setpoint_HMAX){
    digitalWrite (extractor,LOW);

}
if (promH<=Setpoint_HMAX){
    digitalWrite (extractor,HIGH);

}

```

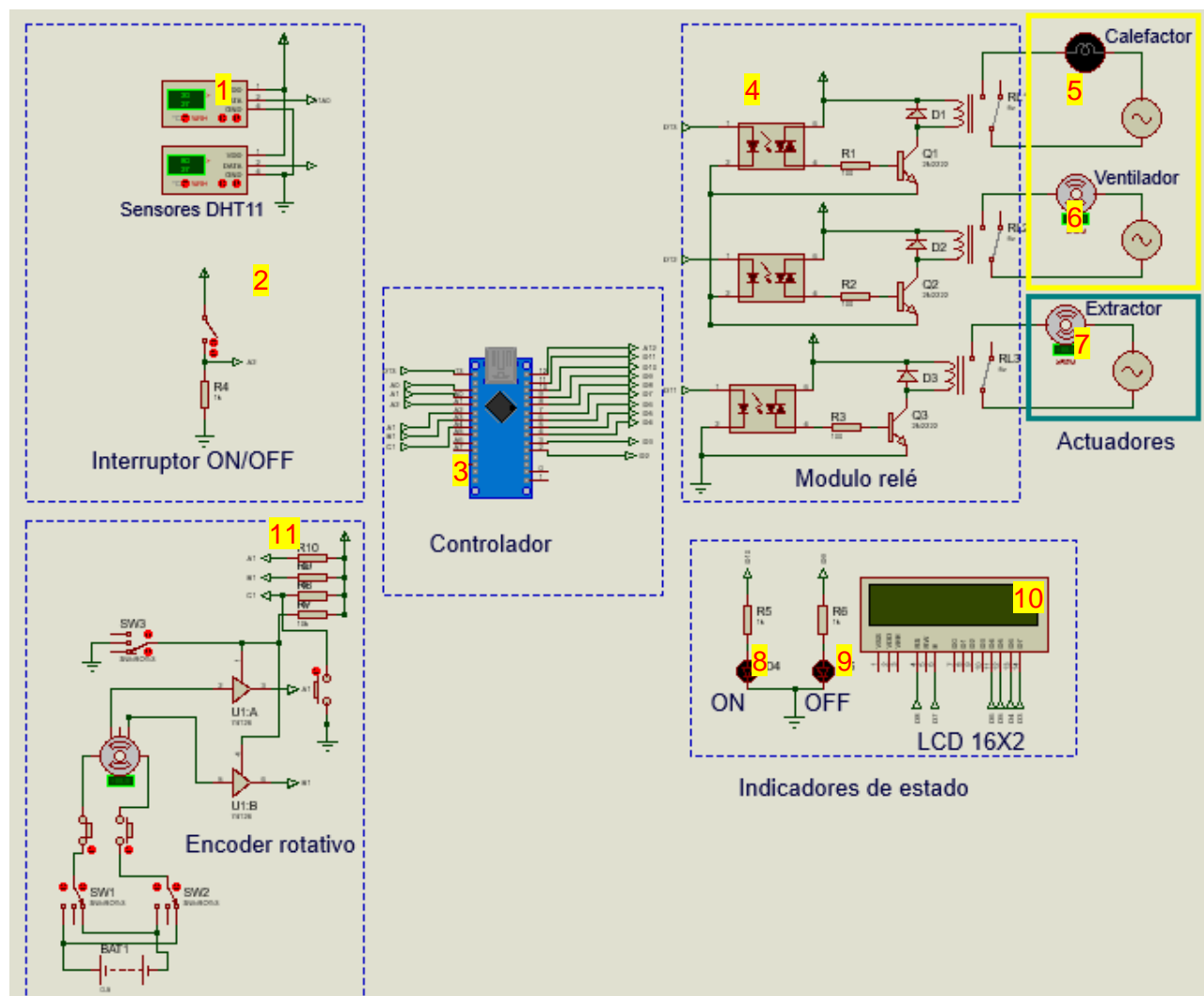
Nota: Líneas de programación para control de humedad y temperatura.

3.5.2 Conexión del hardware

La conexión de todos los componentes del sistema se realizó de acuerdo al esquema mostrado en la fig.20, para esto se diseñó una placa PCB que permita una fácil conexión de todos los componentes mediante borneras tanto para las entradas como para las salidas del controlador.

Figura 20

Simulación del esquema de la conexión del hardware.



Nota: Simulación del sistema de control realizada en proteus.

- 1) Sensores DHT11 1 y 2.
- 2) Interruptor ON_OFF.
- 3) Microcontrolador ATmega 328p.
- 4) Modulo relé.
- 5) Calefactor.
- 6) Ventilador.

- 7) Extractor de aire.
- 8) Indicador de encendido.
- 9) Indicador de apagado.
- 10) LCD 16x2.
- 11) Encoder rotativo.

Tabla 9*Pines de conexión.*

Entradas	Microcontrolador		Salidas
	Entradas	Salidas	
Sensor DHT11	A0 (PIN4)	D13(PIN30)	Canal1 Ventilador
Sensor DHT11	A1(PIN5)	D12(PIN30)	Canal2 Calefactor
Interruptor ON/OFF	D2(PIN20)	D11(PIN29)	Canal3 Extractor
CLK(Encoder)	A2(PIN6)	D10(PIN28)	Indicador ON
T(Encoder)	A3(PIN7)	D9(PIN27)	Indicador OFF
SW(Encoder)	A5(PIN8)	D8(PIN26)	RS (LCD)
		D7(PIN26)	E (LCD)
		D6(PIN25)	D4(LCD)
		D5(PIN24)	D5(LCD)
		D4(PIN23)	D6(LCD)
		D3(PIN22)	D7(LCD)

Nota: La tabla muestra la numeración de los pines del controlador en los cuales se conectó todos los elementos del sistema de control.

3.5.3 Tablero de control

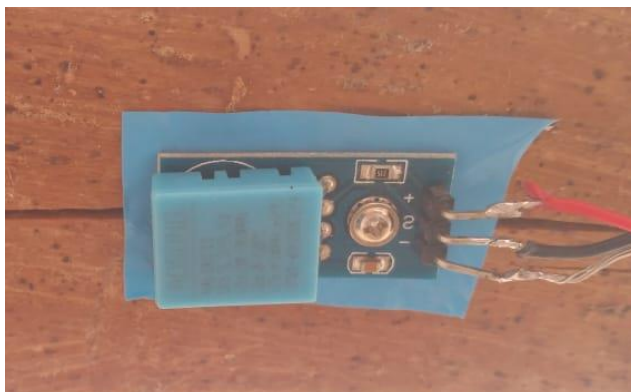
Dentro del tablero de control se colocó los elementos de control y potencia, que mediante los cables adecuados se realizó las conexiones hacia sensores y actuadores.

3.5.3.1 Conexión de sensores y controlador

Para la conexión de sensores se utilizó cable apantallado AWG #18 de tres hilos, como se observa en la figura 21, para evitar a caída del voltaje y la pérdida o alteración de los datos obtenidos de temperatura y humedad de esta manera se conecta a la placa PCB en las borneras correspondientes para los sensores.

Figura 21

Conexión de sensor DHT11.



Nota: La ubicación de los sensores se realizó en distintos lugares, de esta manera se obtiene una medida uniforme de temperatura y humedad.

3.5.3.2 Conexión del módulo relé y actuadores

Correspondiente a la etapa de potencia que permitirá el activación o desactivación de los elementos actuadores (calefactor, ventilador y extractor de aire), para esto se utilizó cable AWG #14 conectado en los contactos NA del módulo relé como se muestra en la figura 22.

Figura 22

Conexión de modulo relé y actuadores.

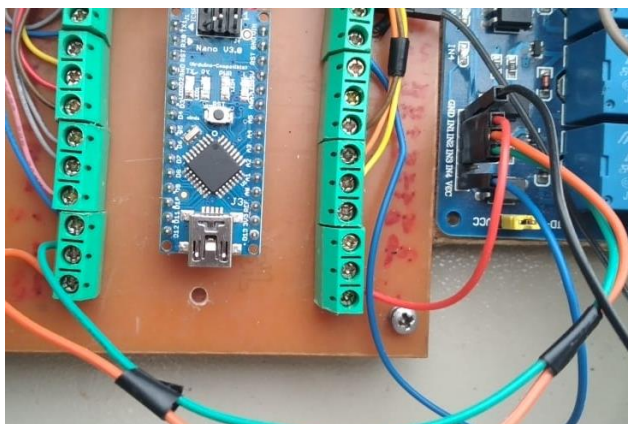


Nota: La activación de los actuadores se realiza cuando el módulo relé recibe una señal lógica de LOW.

La conexión con el controlador se realizó por medio de cables DuPont en los pines asignados del controlador como se muestra en la figura 23.

Figura 23

Conexión de controlador y modulo relé.



Nota: Se utilizó los canales 1,2 y 3 del módulo relé.

3.5.4 Montaje de componentes

El montaje de los componentes para la etapa de control y potencia se realizó dentro de una caja metálica de 200x240mm como se muestra en la figura 24, en su

interior se colocó perfil de soporte Riel Din de 31mm, logrando que el proceso de instalación sea sencillo.

Figura 24

Interior del tablero de control.



Nota: Conexiones realizadas al interior del tablero de control.

También fue necesario realizar perforaciones y cortes para colocar los elementos de mando e indicadores como se muestra en la figura 25.

Figura 25

Exterior de tablero de control.



Nota: Elementos de mando e indicadores colocados en la parte frontal del tablero de control.

CAPÍTULO IV

4 Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se implementó el sistema para mantener la temperatura y humedad entre el rango de 18°C a 24°C y la humedad en un valor inferior al 65% brindando un ambiente de confort para la crianza adecuada de los animales.
- Se desarrolló el programa de control en el microcontrolador ATmega 328p y se monitorea los valores de las variables medidas en el display LCD instalado en el tablero de control.
- Se utilizó el sensor de temperatura y humedad DHT11 debido que con un solo modulo incluye los dos tipos de sensores que puede medir la temperatura en un rango de 0°C a 50°C y la humedad de 20% hasta 90% permitiendo obtener una buena resolución de medida en los datos que entrega.
- Se mejoró la estructura del galpón permitiendo que el sistema de control opere de la manera adecuada.

4.2 Recomendaciones

- Revisar las hojas de las características técnicas previo a la instalación de los elementos que conforman que sistema con el fin de evitar posibles daños.
- Una vez que el programa de control este completo y se vaya a cargar al microcontrolador verificar que el destino sea el correcto, adicional a ello verificar que el puerto de carga este habilitado.
- Realizar pruebas de funcionamiento en diferentes condiciones climáticas verificando el correcto funcionamiento del sistema.

5 Bibliografía

- Aguayo, P. (2009). *Introducción al Microcontrolador*. Recuperado el 08 de Marzo de 2021. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39407044/micro.pdf?1445749965=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3dmicro.pdf&Expires=1615874912&Signature=d9f7bbxtdswzoplrfpvocslf1gq78rzjosbooncjtoxiydwcvdp53khyfohda-s5aujecktwrr~53m2kteg6u-0zmlecfhon>
- Álvarez, S., & Herrera, P. (2007). *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*. Recuperado el 06 de Marzo de 2021. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2261>
- Aragónés, J. B., Gómez, C. G., Zaragozaí, B. Z., Martínez, A. G., Campos, D. M., & Llinares, A. G. (2003). *SENSORES DE TEMPERATURA*. Recuperado el 04 de Marzo de 2021. <https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/349/1259/6572/6629/78932.pdf>
- Arias Poma, E. F. (2013). *Control automatizado de temperatura y humedad con plataforma labview para prevenir enfermedades respiratorias en la crianza de cuyes en el Distrito de Vilca*. Recuperado el 23 de Diciembre de 2021. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/713>
- Ballesteros Jordán, F. M. (2007). *Adquisición de Datos de un Sistema Maestro–Esclavo utilizando Microcontroladores Mediante Comunicación Serial para M&B Automatización*. Recuperado el 21 de Febrero de 2021. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/336/1/t263e.pdf>

- Baños Murillo, F. J. (2010). *Proyecto de producción y comercialización de cuyes en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cantón Santo Domingo (Bachelor's thesis)*. Recuperado el 21 de Febrero de 2021.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4647>
- Carletti, E. J. (2007). *Comunicación-Bus I2C*. Recuperado el 18 de Febrero de 2021.
<http://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/comunicacionbusi2c.pdf>
- Chilig, R., & Malla, F. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y BLOQUEO DEL MOTOR DE VEHÍCULOS VIA MENSAJE DE TEXTO USANDO LAS REDES DE TELEFONÍA CELULAR GSM EXISTENTES EN EL PAÍS [versión PDF]*. QUITO. Recuperado el 07 de Marzo de 2021. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7138/1/CD-5329.pdf>
- Cortés, A., & Arenas, O. (2011). *Sistema de control de temperatura para incubadora avícola con control difuso y la plataforma LABVIEW*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2021.
- Costales Medina, M. T. (2008). *Análisis del protocolo CAN (Controller Area Network) e implementación de un prototipo de control de nodos interconectados por un buses de comunicaciones CAN*. Recuperado el 15 de Febrero de 2021.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4194/1/CD-1398.pdf>
- Electrónica Estudio. (2019). *¿QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR?* Recuperado el 09 de Febrero de 2021. <https://www.estudioelectronica.com/que-es-un-microcontrolador/>
- Enríquez, H. (2012). *El ABC de la Instrumentación en el Control de Procesos Industriales*. Recuperado el 21 de Febrero de 2021.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=kucfkytz__IC&oi=fnd&pg=PP1&dq=

tipos+de+controladores+industriales&ots=p6nc1g4vbt&sig=vupztq2ggs-
_zq3tvjeljobuxgo#v=onepage&q&f=false

- Garcés Villacís, J. S. (2002). *Control y monitoreo de la humedad relativa y de la humedad del suelo en un ambiente de invernadero*. Recuperado el 21 de Febrero de 2021. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9229/3/T1967.pdf>
- Gesa Termómetros, S.L.;. (s.f.). *Termómetro bimetalico*. Recuperado el 21 de Febrero de 2021. <https://www.termometros.com/termometro-bimetalico>
- Hernández, L. E., Pineda, W., & Bayona, D. A. (2012). *SISTEMA DE CONTROL DE HUMEDAD Y TEMPERATURA PARA INVERNADEROS*. Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia(UPTC).
- Hincapié Montes, Y. M. (2011). *La resolución de problemas desde el cts como estrategia para la enseñanza de los conceptos calor, temperatura y energía interna*. Recuperado el 11 de Febrero de 2021.
<http://hdl.handle.net/123456789/566>
- Jaramillo, E. M. (2011). *Repositorio.ute*. Recuperado el 11 de Enero de 2021.
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4898/1/44172_1.pdf
- Kajjak, N. (2015). *CRIANZA TECNIFICADA DE CUYES[versión PDF]*. Lima.
Recuperado el 12 de Enero de 2021.
https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/144/1/Crianza_cuyes_2015.pdf
- Macay, M. E. (21 de 02 de 2014). *Diseño de ventilación en un galpón de reproductora liviana*. Recuperado el 15 de Enero de 2021.
<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/diseno-ventilacion-galpon-reproductora-t30771.htm>
- Marin Santana, C. (30 de 08 de 2017). Recuperado el 21 de Diciembre de 2021
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/23206>

- Marquez Zurita, C. D. (2013). *Control automático de temperatura en el proceso de termoformado de láminas en la planta Techoluz de TUBASEC CA (Bachelor's thesis)*. Recuperado el 07 de Marzo de 2021.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2859>
- Metas & metrologos Asociados. (2008). *Sensores de humedad tipos y aplicaciones*. Recuperado el 01 de Febrero de 2021. <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-metas-08-05-sensores-de-humedad.pdf>
- Morejon, R. (2017). *DESARROLLO DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS DE OPERACIÓN DE NAVES EN LA CRIANZA DE POLLOS DE ENGORDE*. Recuperado el 21 de Febrero de 2021.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17513/1/CD-8019.pdf>
- Ortega, M. (29 de 06 de 2015). *SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL*. Recuperado el 11 de Enero de 2021.
http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~23005153/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf
- Perez, A. D. (2016). *Protocolos de comunicación*. Recuperado el 13 de Enero de 2021.
<http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/72131/Tesis.%20Protocolos%20de%20comunicaci%C3%B3n%20entre%20microcontroladores.pdf-PDFA.pdf?Sequence=2&isallowed=y>
- Perez, M., Perez, A., & Perez, E. (2007). *Repositorio Universidad Nacional de San Juan*. Recuperado el 13 de Enero de 2021.
<http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>
- Quispe, I. S. (Noviembre de 2015). *Draapurimac*. Recuperado el 09 de Enero de 2021.
<http://draapurimac.gob.pe/sites/default/files/revistas/MANUAL%20CUY%20PDF.pdf>

Rashid, M. H. (2004). *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones*. .

Recuperado el 09 de Enero de 2021.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1120/1/25T00130.pdf>

Rueda, L. (sf). *Sistemas microcontrolados*. .Recuperado el 09 de Marzo de 2021 .

<http://r-luis.xbot.es/pic1/pic01.html>

Saúl, Á. M., Garcí, H., & Cui, G. G. (2011). *Desarrollo de Interface*. .Recuperado el 09

de Enero de 2021. <http://www.mecamex.net/anterior/cong10/trabajos/art57.pdf>

SEAS. (2019). *AUTOMATIZACIÓN*. Recuperado el 09 de Enero de 2021.

<https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>

Serna, A. R. (2010). *Guía práctica de sensores*. Recuperado el 13 de Enero de 2021.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CuoXCd6ZZqwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=sensores+que+son&ots=BwcNc47zo4&sig=SRAGdSCOECcXRcg130zqhj6gZk#v=onepage&q=sensores%20que%20son&f=false>

Sobrevila, M. A. (2008). *Sensores eléctricos*, TECNIBOOK EDICIONES. Recuperado el

12 de Febrero de 2021.

https://books.google.es/books?id=CyiXDwAAQBAJ&dq=sensores+electricos+de+temperatura&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Solé, A. C. (2005). *Instrumentación industrial*, Marcombo. Recuperado el 09 de Marzo de 2021.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cV6ZOqQ0ywMC&oi=fnd&pg=PA3&dq=controladores+digitales+definicion&ots=b-FubOUHTp&sig=a4KrgegyMKzpCotARFAdSQE3_Q#v=onepage&q=controladores%20digitales%20definicion&f=false

- Soler&Palau. (2012). *Sistemas de Ventilación*. Recuperado el 09 de Febrero de 2021.
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut251/doc1tut251.pdf>
- Solorzano Altamirano, J. D. (17 de 11 de 2014). *Crianza, producción y comercialización de cuyes* . Recuperado el 09 de Febrero de 2021.
https://books.google.es/books?id=DYIvDgAAQBAJ&dq=CRianza+DE+CUYES+&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Torres Capuz, J. L. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de control en una planta de llenado de tanques a escala usando un transmisor de nivel y algoritmo PID para pruebas en el laboratorio de automatización industrial (Bachelor's thesis)*. Recuperado el 09 de Febrero de 2021.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10414/1/UPS-GT001470.pdf>
- VAELECTRICOS. (s.f.). *Cables de Instrumentación*. Recuperado el 09 de Enero de 2021.
<http://www.vaelectricos.com/sites/default/files/CABLES%20DE%20INSTRUMENTACION.pdf>
- Valdés, F., & Pallas, R. (28 de 02 de 2007). *Microcontroladores Fundamentos y Aplicaciones con PIC*. Recuperado el 23 de Diciembre de 2021.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ODenKGOHMRkC&oi=fnd&pg=PA9&dq=lenguajes+de+programaci%C3%B3n+de+los+microcontroladores&ots=unpP3i58_z&sig=5sgBBCllcsZI5T3Czx7M1KD6sk4#v=onepage&q=lenguajes%20de%20programaci%C3%B3n%20de%20los%20microcontroladores
- Villajulca, J. C. (20 de 05 de 2010). *Empezemos con los elementos finales de control : Válvulas de Control*, Instrumentacion y Control.net. Recuperado el 09 de Marzo de 2021. <https://instrumentacionycontrol.net/>

Zaldívar, L. C. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus) (Vol. 138)*, Food & Agriculture Org. Recuperado el 23 de Diciembre de 2020.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=VxLVzsZ5HWcC&oi=fnd&pg=PR7&dq=sistemas+de+produccion+de+cuyes&ots=XP5g2uG7Fn&sig=DYN98i6jjKPIStOq2vZC9hYG2ME#v=onepage&q=sistemas%20de%20produccion%20de%20cuyes&f=false>

Zapata, O. E. (2011). *Microcontroladores PIC con programación PBP*. Recuperado el 24 de Febrero de 2021.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cl6fDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=lenguajes+de+programaci%C3%B3n+de+los+microcontroladores&ots=HjPfldUP4l&sig=i7E7s61a0BPF_nTer4f_jogWnFI#v=onepage&q=lenguajes%20de%20programaci%C3%B3n%20de%20los%20microcontroladores

ANEXOS