Informe Técnico del Sistema de Control Ambiental con Arduino Mega

1. Introducción

El presente proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema de control ambiental automático basado en la plataforma Arduino Mega 2560.

El sistema permite regular la temperatura y la humedad relativa de un entorno cerrado, utilizando sensores, actuadores y pantallas OLED para la visualización de parámetros.

El sistema busca aplicaciones en granjas avícolas, invernaderos y laboratorios, donde mantener condiciones ambientales estables es fundamental.

2. Problemática

La avicultura peruana, particularmente en Arequipa, enfrenta pérdidas económicas millonarias por la falta de sistemas automatizados de control ambiental. El estrés térmico y las variaciones de humedad generan:

* Mortalidad: incremento en lotes bajo condiciones de calor extremo.
* Reducción productiva: menor ganancia de peso en verano, reducción en consumo de alimento y conversión deficiente.
* Desuniformidad de lotes: aves con pesos dispares que reducen el valor comercial.
* Vulnerabilidad sanitaria: mayor exposición a enfermedades como la influenza aviar.

Arequipa, ubicada a 2,335 msnm, sufre amplitudes térmicas extremas (15-20°C día-noche), radiación solar intensa y fluctuaciones de humedad que agravan la inestabilidad ambiental. Aunque la región lidera el crecimiento avícola nacional, la mayoría de granjas carece de tecnificación, aumentando la vulnerabilidad estructural del sector.

3. Justificación:

* Pérdidas evitables: cada día sin control representa mortalidad adicional, desperdicio de alimento y pérdidas económicas por lote.
* Competitividad regional: implementar este sistema convertiría a Arequipa en referente nacional en tecnificación avícola, atrayendo inversión y fortaleciendo el ecosistema agro-tecnológico.
* Sostenibilidad: Optimiza el uso de energía y agua, reduciendo la huella ambiental de las granjas.

El prototipo planteado (Arduino Mega + DHT22 + relés + pantallas OLED) es un sistema integrado, porque combina hardware y software embebido con función específica en tiempo real, y adaptativo, porque ajusta automáticamente calefacción, humidificación y ventilación según condiciones ambientales, bajo reglas predefinidas.

4. Objetivos

Objetivo general:

Desarrollar un sistema de monitoreo y control de temperatura y humedad utilizando Arduino Mega, capaz de accionar dispositivos de humidificación, deshumidificación y ventilación según parámetros predefinidos.

Objetivos específicos:

* Implementar un sensor DHT22 para la medición de temperatura y humedad.
* Controlar relés que actúan como interruptores para humidificador, deshumidificador y ventilación.
* Utilizar LEDs para simular los actuadores (humedecer, deshumedecer, calentar, enfriar).
* Integrar dos pantallas OLED SSD1306 para mostrar los valores medidos, los setpoints y la acción actual del sistema.
* Diseñar un algoritmo de control simple basado en umbrales definidos.

5. Materiales y Componentes

* Placa controladora: Arduino Mega 2560.
* Sensor de temperatura y humedad: DHT22.
* Pantallas OLED: 2 módulos SSD1306 (direcciones I2C 0x3C y 0x3D).
* Módulo relé: 3 canales (para humidificador, deshumidificador y ventilación).
* LEDs indicadores:
* 2 LEDs verdes (humidificador y deshumidificador).
* 1 LED RGB (ventilación: rojo = calor, azul = frío).
* Fuente de alimentación externa (5V/2A para asegurar corriente suficiente).
* Cables Dupont, resistencias, protoboard.

6. Diseño del Sistema

Arquitectura general:

* Sensor DHT22 envía lecturas de temperatura y humedad al Arduino.
* Arduino compara valores medidos con los setpoints definidos (Temp = 25 °C, Humedad = 60%).
* Según la condición, activa el relé correspondiente y el LED indicador.
* Pantalla OLED 1 (0x3C): muestra lecturas actuales.
* Pantalla OLED 2 (0x3D): muestra valores de setpoint y acción en curso.

Algoritmo de control:

* Si la humedad es menor a humSet - 5, se activa el humidificador.
* Si la humedad es mayor a humSet + 5, se activa el deshumidificador.
* Si la temperatura es menor a tempSet - 1, se activa la ventilación en modo calor.
* Si la temperatura es mayor a tempSet + 1, se activa la ventilación en modo frío.
* Si las condiciones están en rango, el sistema permanece en estado inactivo.

7. Problemas Encontrados

* Las pantallas OLED no encendieron inicialmente por insuficiente alimentación desde el USB del Arduino.
* Se corrigió usando fuente externa de 5V y asegurando direcciones I2C diferentes.
* Ajustes en la librería Adafruit\_SSD1306 fueron necesarios para evitar bloqueos si una pantalla no era detectada.

7. Conclusión

El estrés térmico es una amenaza existencial para la avicultura en Arequipa. La falta de control ambiental automatizado provoca pérdidas acumulativas que podrían evitarse con una solución tecnológica de bajo costo y rápida implementación.

8. Referencias:

* Veterinaria Digital – Estrés térmico en avicultura y mortalidad
* AviNews – Manejo del estrés por calor en gallinas ponedoras
* Scielo Perú – Influencia de temperatura y humedad en pollos de carne
* Mundo Agropecuario – Costos del estrés térmico crónico en avicultura
* Ambiotec Solutions – Impacto del cambio climático en producción avícola