

Tecnológico Nacional De México

Instituto Tecnológico De Apizaco

Departamento Eléctrica Electrónica

Ingeniería Electrónica

**Automatización Del Proceso De cría Y Reproducción De
Mosca Domestica.**

Empresa:
Instituto Tecnológico de Apizaco

Presentan:
Itzel Dahiana Bustamante Badillo
Jacqueline Escamilla Carvallo

Asesor Interno:
Dr. Roberto Morales Caporal

Asesor Externo:
Dr. Raul Cortes Maldonado

Apizaco Tlax., A 02 De Junio De 2023

Agradecimientos.

Doy gracias a Dios Por permitirme llegar a esta etapa de mi formación profesional brindándome salud, sabiduría para la toma de decisiones y fortaleza para continuar adelante día con día.

A mis amados padres que son el pilar fundamental por haberme forjado como la persona que soy actualmente, que me brindaron el ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar lo que tengo; este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes, son lo más valioso que Dios me dio. Gracias a su cariño he llegado a realizar una de mis más grandes metas. Lo antes mencionado ha sido capaz de ganarse mi respeto y admiración, así como sentirme en deuda con ustedes por todo su esfuerzo y sacrificio para mi formación académica.

A mi hermana por estar siempre presente y brindarme su apoyo moral en cada una de nuestras charlas nocturnas a lo largo de esta etapa en mi vida y ser ejemplo de superación ante las adversidades y al mismo tiempo a Lucky quien me ha transmitido la paz que necesitaba en el momento que lo necesitaba por las noches de desvelo junto a mí.

A mi pareja quien me alentó a continuar cuando parecía que iba a rendirme, por creer en mis capacidades, por el apoyo incondicional a lo largo de este camino y por fomentar mi crecimiento en los diversos ámbitos para seguir forjando mi futuro, pero sobre todo por la paciencia y el amor

Al mismo tiempo agradecer al Dr. Raúl Cortés Maldonado por brindarme los conocimientos, orientarme e inculcarme seriedad y rigor académico sin los cuales no podría tener una formación completa como ingeniera

Itzel Dahiana Bustamante Badillo

Doy gracias a mis padres por brindarme su apoyo incondicional y siempre creer en mí a pesar de las adversidades, en especial a mi papá Ricardo Escamilla Castillero, que a pesar de las circunstancias siempre estuvo para mí y no me dio la espalda. Sin su apoyo no hubiera logrado llegar hasta donde estoy ahora, gracias por inculcarme los principios y valores que me representan, a mi madre Maricarmen Carvallo Fernández, quien siempre me presiona para ser una mejor persona y para forjar mi formación académica.

A mis hermanas por brindarme su apoyo moral ante varias adversidades, gracias por compartir este nuevo logro en mi vida y estar a mi lado.

A mi pareja Raul Pozos Hernández, gracias por brindarme todo tu apoyo incondicional, por alentarme a ser una mejor persona y a concluir mi formación académica, por creer en mí y en mis capacidades cuando parecía que iba a rendirme, por las palabras de aliento y el amor que me brindaste.

A nuestro asesor interno Dr. Roberto Morales Caporal por la confianza que nos brindó para realizar este proyecto, brindándonos un espacio en el cual pudimos desarrollar nuestras capacidades, por el tiempo y esfuerzo dedicado a resolver nuestras dudas.

A nuestro asesor externo el Dr. Raul Cortes Maldonado por brindarnos los conocimientos, inculcarnos responsabilidad y disciplina en nuestra formación académica, por brindarnos espacio y tiempo para revisar nuestro proyecto resolviendo nuestras dudas.

Jacqueline Escamilla Carvallo

Acrónimos.

MQTT: Message Queing Telemetry Transport.

PLC: Programmable Logic Controller.

PWN: Control de un ordenador.

USB: Universal Serial Bus.

AC: Corriente Alterna.

DC: Corriente Directa.

V: Voltaje.

GND: Tierra.

Vin: Voltaje de entrada.

VCC: Voltaje de corriente continua.

Vs: Voltaje de salida.

VDC: Voltaje de corriente directa.

NA: Normalmente abierto.

NC: Normalmente cerrado.

COM: Común.

WIFI: Wireless Fidelity.

TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol.

MB: Mega Bite.

GH: Giga Hertz

PID: Control Proporcional Integral.

IoT: Internet de las Cosas.

AWS: Amazon Web Services.

ACL: Lista de Control de Acceso.

M2M: Maquina a Maquina.

Resumen.

En este trabajo se analiza como la automatización hoy en día es de gran importancia para mejorar la eficiencia de ciertos procesos o actividades en la vida diaria debido a que permite generar resultados de manera rápida y solucionar ciertos desafíos de los flujos de trabajos industriales y empresariales, sin embargo, existen muchas empresas que no han logrado una automatización en ciertos procesos los cuales mejorarían y reducirían el tiempo de producción tal como lo es el sector avícola y agropecuario que en base a la investigación es uno en los que implementando la automatización generamos mejores resultados. Esto fue realizado con una jaula que cumple con ciertos parámetros como son la temperatura y humedad para la cría y reproducción de mosca doméstica. Es de vital importancia disponer de instalaciones adecuadas para los animales. De esta forma, pueden desarrollarse y rendir de forma óptima. La clave para lograr el mejor control posible del proceso de producción es automatizar y controlar la cría y reproducción, lo cual permite concentrarse en un entorno de vida óptimo.

índice.

Agradecimientos.....	I
Acrónimos.....	II
Resumen.....	IV
Introducción	1
1. Datos de la empresa.....	2
1.1. Misión.....	2
1.2. Visión	2
1.3. Política integral de administración institucional calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo.....	2
1.4. Ubicación.....	2
2. Cronograma de activades.....	3
3. Protocolo de investigación.....	4
3.1. Planteamiento del problema.....	4
3.2. Objetivo general.....	5
3.3. Objetivos específicos.	5
3.4. Justificación.....	5
3.5. Delimitación.....	6
3.6. Limitación.....	6
4. Marco teórico.....	6
4.1. Importancia de la avicultura en México	6
4.2. Aporte de proteína por la avicultura a nivel mundial.....	7
4.3. Consumo y producción de carne de pollo en México.....	8
4.4. Aporte a la economía y generación de empleos en México.....	9
4.5. Generalidades de las aves domésticas.	11
4.6. Población avícola.....	12
4.7. Manejo de las aves.....	15
4.7.1. Instalaciones.....	15

4.7.2. Alimentación.....	16
4.8. Nutrición.	18
4.9. Tipo de alimentación.	21
4.9.1. Alimentación convencional.	21
4.9.2. Alimentación alternativa.....	21
4.10. Mosca doméstica.	22
4.11. Taxonomía.....	23
4.11.1. Ciclo de vida.....	23
4.11.2. Larva de mosca.....	24
4.11.3. Aportes nutricionales de la larva de mosca.....	25
4.11.4. Características microbiológicas de la larva de mosca.....	26
4.12. Sostenibilidad.	27
5. Metodología.	29
5.1. Implementación.....	29
5.2. Fase 1 “JAULA”.....	30
5.2.1. Estructura de jaula.....	30
5.2.2. Caja contenedora.....	31
5.2.3. Necesidades del diseño.....	32
5.2.4. Aislante.	35
5.2.5. Diseño.....	36
5.2.6. Bandeja galvanizada.....	39
5.2.7. Soporte para foco térmico.....	40
5.3. Hardware.....	41
5.3.1. Dispositivos utilizados.....	41
5.3.2. Dispositivo controlador.	42
5.3.3. ¿PLC o microcontrolador?.....	42
5.3.4. Placa microcontroladora.	44
5.3.5. Microcontrolador UNO.....	45

5.3.6. Sensor de humedad y temperatura.....	46
5.3.7. Sensor LM35.....	47
5.3.7.1. Pines del sensor LM35.....	48
5.3.8. Relés.....	49
5.3.8.1. Relé solido SSR 10DA.....	49
5.3.8.2. Relé electromecánico.....	50
5.3.9. Modulo WiFi.	51
5.4. Software.	53
5.4.1. Control de temperatura.....	53
5.4.2. Control ON/OFF con HISTERESIS vs PID,.....	54
5.4.3. Cloud MQTT.....	55
5.4.3.1. Conceptos básicos de MQTT Incluido.....	55
5.4.3.2. ¿Qué es un tema MQTT?.....	56
5.4.3.3. Coincidencia de caracteres comodín en MQTT.....	57
5.4.3.4. Uso del bróker CloudMQTT.....	57
5.4.3.5. ¿Cómo configuro un bróker CloudMQTT?.....	58
5.4.3.6 Elige un plan.....	58
5.4.3.7. Crear un usuario.....	60
6. Desarrollo.....	61
6.1. Funcionamiento.....	61
6.2. Conexión de pines.....	62
6.3. Código Arduino Blocks.....	62
6.3.1. Bloque de inicializar.....	63
6.3.2. Bloque de suscripción.....	64
6.3.3. Bloque de bucle.....	64
6.3.4. Bloque ejecutar.....	64
6.3.5. Bloque publicar.....	65
7. Interfaz Cloud MQTT.....	65

7.1. Elaboración de instancia.....	66
7.2. Visualización de los datos.....	67
7.3. Asignación de datos.....	67
7.4. Configuración del tema “Topic”.....	68
7.5. Configuración de nuestra placa.....	69
7.5.1. Conexión.....	70
7.5.1.1. ESP.....	70
7.5.2. Comunicación de ESP con Arduino.....	71
8. Prueba de conexión.....	73
9. Prueba de conexión con foco térmico.	76
9.1. Encendido y apagado desde nuestra interfaz MQTT.....	77
10. Conclusiones.....	81
11. Referencias.....	82
12. Anexos.....	88

Índice de tablas.

Tabla 1: Aporte de proteína. (UNA, 2022).....	7
Tabla 2: Consumo y producción de pollo en México. (Una, 2022).....	8
Tabla 3: Recomendaciones nutricionales por etapa. (Cuca, 1963).....	19
Tabla 4: Proteínas de origen animal y vegetal. (Egormix, 2016).....	20
Tabla 5: Formula para alimento alternativo (FAO Y SAGARPA, 2007).....	22
Tabla 6: Composición nutricional de larva de mosca doméstica. (Lazo et al, 2010).....	26
Tabla 7: Características microbiológicas de la larva de mosca (Instituto colombiano agropecuario, 1999).....	26
Tabla 8: Lista de materiales.....	70

índice de figuras.

Figura 1: Aporte de proteína (UNA, 2022).....	8
Figura 2: Consumo y producción de carne de pollo en México. (UNA, 2022).....	9
Figura 3: Empleos que genera la avicultura en México.....	10
Figura 4: Ciclo de vida de la mosca domestica (Hernández, 2016).....	24
Figura 5: Ciclo de cría y reproducción de la mosca doméstica.....	25
Figura 6: Jaula.....	30
Figura 7: Barra de aluminio.....	32
Figura 8: Ancho de jaula 42cm:	33
Figura 9: Vistas de la jaula.....	33
Figura 10: Ensamblaje de jaula.	34
Figura 11: Representación de la jaula.....	34
Figura 12: Mosquitero.....	35
Figura 13: Aluminio.....	35
Figura 14: Vista frontal de jaula.....	37
Figura 15: Jaula con medidas.....	38
Figura 16: Jaula con charola.....	38
Figura 17: Planos de bandeja.....	39
Figura 18: Bandeja.....	40
Figura 19: Foco térmico.....	40
Figura 20: Especificaciones del foco.....	41
Figura 21: Microcontrolador Arduino UNO.	46
Figura 22: Vista frontal pines sensor LM35.....	48

Figura 23: Vista lateral sensor LM35.....	48
Figura 24: Relé SSR 10DA.....	49
Figura 25: Relé electromecánico.....	50
Figura 26: ESP8266-01.....	51
Figura 27: Adaptador ESP8255-01.....	52
Figura 28: Control ON/OFF con histéresis.....	55
Figura 29: Esquema MQTT.....	56
Figura 30: Solución de IoT para el hogar.....	56
Figura 31: Página principal MQTT.....	59
Figura 32: Suscripción a plan MQTT.....	59
Figura 33: Elección de región.....	60
Figura 34: Usuarios y ACL.....	60
Figura 35: Mapa mental de conexión.....	61
Figura 36: Conexión de pines.....	62
Figura 37: Bloque inicializar ArduinoBlocks.....	62
Figura 38: Bloque de bucle ArduinoBlocks.....	63
Figura 39: Bloque Inicializar.....	63
Figura 40: Bloque de suscripción.....	64
Figura 41: Bloque de bucle.....	64
Figura 42: Bloque ejecutar.....	65
Figura 43: Bloque publicar.....	65
Figura 44: Mapa mental de la conexión Cloud y ESP.....	66
Figura 45: Creación de instancia.	66

Figura 46: Visualización de datos.....	67
Figura 47: Asignación de datos.....	68
Figura 48: Usuarios y ACL.....	68
Figura 49: Configuración de topic.....	69
Figura 50: Conexión de Arduino y ESP con foco.....	69
Figura 51: ESP.....	70
Figura 52: Adaptador ESP.....	70
Figura 53: compilación programa.....	71
Figura 54: Programa en blanco Arduino.....	71
Figura 55: Monitor serie.....	72
Figura 56: Prueba de funcionamiento de ESP.....	72
Figura 57: Configuración de comunicación.....	73
Figura 58: Interfaz de usuario.....	73
Figura 59: Conexión Arduino y ESP.....	74
Figura 60: Prueba de conexión.....	74
Figura 61: Prueba de conexión led encendido.....	75
Figura 62: Prueba de conexión.....	75
Figura 63: Prueba de conexión led apagado.....	76
Figura 64: Conexión relé.....	77
Figura 65: Foco térmico encendido.....	77
Figura 66: Conexión de foco con relé.....	78
Figura 67: Prueba de conexión circuito.....	78
Figura 68: Interfaz MQTT.....	78

Figura 69: Foco térmico encendido.....	79
Figura 70: Interfaz MQTT.....	79
Figura 71: Foco térmico apagado.....	80

Introducción.

Los insectos han sido propuestos como fuente alternativa de proteínas, de alta calidad, eficiencia y sostenibilidad. Además de proporcionar una fuente de alimentación rica en proteínas, el uso de insectos en la producción de harinas alternativas para alimentación animal tiene la ventaja de que, en el caso de algunos insectos, el proceso es potencialmente utilizable como vía de gestión de desechos [1]. Entre los insectos que podrían utilizarse como fuente de nutrimentos en la alimentación animal se encuentra la mosca doméstica (*Musca domestica* L.), que por su corto período de vida y la variedad de sustratos donde se desarrolla [2].

Es una posibilidad para el reciclaje de productos orgánicos y la producción de nuevas fuentes de proteínas. Sin embargo, aún se deben enfrentar algunos desafíos importantes relacionados con la cría artificial que necesitan ser resueltos. Se debe estudiar la importancia de factores abióticos como: temperatura, humedad, naturaleza y estructura de los desechos, composición química y otros, fundamentalmente a escala de laboratorio, pero especialmente a escala semiindustrial [3]. La digestión biológica de los residuos animales por las larvas de las moscas común (*Musca domestica* L.) y la del soldado negro [4], es una forma económica de suministrar material de alto valor proteico a las aves de corral, que puede ayudar a su sostenibilidad [4].

Varios desechos orgánicos han sido citados en la literatura como atrayentes de moscas, presentando gran efectividad el estiércol animal, principalmente de cerdo y pollo [5]. Algunos desechos o subproductos de procesos industriales han sido evaluados para la producción de larvas de insectos, entre los que se hace énfasis en las heces de animales [5]. Un desecho importante actualmente es la gallinaza, que se obtiene tanto de forma industrial como doméstica, que como residuo urbano genera una gran cantidad de desechos. esta biomasa contiene grandes cantidades de componentes orgánicos (buen aporte de nitrógeno, además de fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos micronutrientes). Su aplicación al suelo también aumenta la materia orgánica, fertilidad y calidad del suelo.

1. Datos de la empresa.

El Instituto Tecnológico de Apizaco es una Institución pública de educación superior localizada en Apizaco, Tlaxcala, México.

Imparte 9 carreras a nivel licenciatura y 3 Maestrías y 1 Doctorado a nivel posgrado en las áreas de ciencias sociales y administrativas, e ingeniería. Forma parte del Tecnológico Nacional de México (TecNM), de la Secretaría de Educación Pública de México.

Fue creado el 1 de octubre de 1975, en un predio otorgado 32 familias campesinas, ejidatarios de San Andrés Ahuashuatepec, municipio de San Salvador Tzompantepec, e inaugurado 11 de octubre de 1976 por el presidente Luis Echeverría Álvarez.

1.1.Misión.

Formar profesionistas que sean líderes visionarios, emprendedores, con capacidad de generar soluciones disruptivas, innovando en la ciencia y la tecnología, comprometidos con el desarrollo económico, responsabilidad social teniendo una visión sostenible y sustentable.

1.2.Visión.

Ser una Institución de educación superior tecnológica de vanguardia, formadora de ciudadanos del mundo, con conocimientos intercultural, respetando la diversidad social.

1.3.Política integral de administración institucional calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo.

El Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Apizaco, establece el compromiso de implementar y orientar todos sus procesos estratégicos y actividades hacia la calidad del servicio educativo, respeto del medio ambiente, seguridad y salud de las personas dando cumplimiento a los requisitos del estudiantado y partes interesadas, legislación aplicable y otros requisitos que se describan, así como promover en su personal, estudiantes y partes interesadas la prevención de la contaminación y el uso racional de los recursos, así como la prevención de accidentes, mediante la implementación, operación y mejora continua de un Sistema de Gestión Integral, conforme a las Normas ISO 9001:2015/NMX-CC9001-IMNC-2015, ISO 14001:2015/NMX-SAAIMNC-14001-2015 e ISO 45001:2018/NMX-SAST-45001/IMNC-2018, coadyuvando a la conformación de una sociedad justa y humana, con una perspectiva de sustentabilidad y de seguridad en el trabajo, siendo uno de los pilares fundamentales del desarrollo sostenido y sustentable.

1.4.Ubicación.

Instituto Tecnológico de Apizaco

Dirección:Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,

Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Méx. C.P. 9049Telefono: 241 41 7 20 10 ext. 10

2. Cronograma de actividades.

#	Actividad		Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Inicio	P																				
		R																				
2	Investigación de la automatización	P																				
		R																				
3	Realizar	P																				
		R																				
4	Registro en la nube	P																				
		R																				
5	Conexiones de Arduino blocks y MQTT	P																				
		R																				
6	Pruebas	P																				
		R																				
7	Prueba de conexión en la nube	P																				
		R																				
8	Aplicación de herramientas de software para automatización	P																				
		R																				
9	censado de la información	P																				
		R																				
10	Recopilación de información	P																				
		R																				
11	Ejecución	P																				
		R																				
12	Construcción de jaula	P																				
		R																				
13	Establecer parámetros	P																				
		R																				
14	Adaptación de los materiales para el entorno	P																				
		R																				
15	Pruebas generales	P																				
		R																				
16	Material de capacitación	P																				
		R																				
17	Reporte final	P																				
		R																				

3. Protocolo de investigación.

3.1. Planteamiento del problema.

La escasez mundial de proteínas plantea desafíos para garantizar la producción de alimentos de alta calidad. Para abordar esto, la industria de alimentos para animales ha dependido en gran medida de la importación de materiales ricos en proteínas, pero existen limitaciones: la harina de soya, por ejemplo, viene con problemas ambientales y sociales relacionados con la deforestación del Amazonas, y los suministros de harina de pescado, provienen de poblaciones globales de peces finitas. Dada la creciente población mundial y los problemas de seguridad alimentaria, la industria de la nutrición animal está buscando activamente opciones de proteínas más sostenibles y de origen local.

Los insectos se reconocen cada vez más como una solución innovadora y viable, con un mercado global de proteínas de insectos estimado en \$343 millones en 2021 y se espera que crezca a \$1.3 mil millones para 2027.

Después de años de investigación y desarrollo, la harina de insectos ahora se ve como un posible nuevo ingrediente para alimentos que está en camino a una adopción generalizada en la industria. Y recientemente ha llegado al mercado una variedad de productos de harina de larvas de mosca soldado negro diseñados específicamente para la acuicultura.

La alimentación de aves para una producción industrial o para fincas más pequeñas o explotaciones caseras, atraviesa difíciles momentos por los altos costos de producción. La situación del comercio mundial tras la pandemia del covid-19 y el actual conflicto entre Rusia y Ucrania, han aumentado el valor de las materias primas como el maíz y la soya. Existe un gran riesgo en el tratamiento de la soya, por los principales problemas en el alza de los precios, problemas de exportación, sostenibilidad y abastecimiento. Esto ha obligado a las empresas del sector avícola a buscar otras alternativas para la sustitución de este sin afectar

la calidad del huevo y sus costos de producción. El uso de moscas domesticas a gran escala como sustitución de la soya es técnicamente viable.

3.2.Objetivo general.

Automatizar el proceso de cría y reproducción de mosca doméstica, como sustituto nutraciente en la dieta diaria de gallinas ponedoras.

3.3.Objetivos específicos.

- Investigar el proceso de cría y reproducción de mosca doméstica.
- Establecer parámetros de temperatura y humedad por ciclo, para el proceso de cría y reproducción.
- Realizar programación en Arduino blocks con los parámetros ya establecidos
- Diseñar interfaz gráfica en MQTT para Android.
- Generar conexión vía Arduino blocks con interfaz MQTT.
- Diseñar la propuesta de la incubadora de nutrición.
- Llevar a cabo las pruebas para la validación de los parámetros establecidos.

3.4.Justificación.

- Realizar los análisis químicos de insumos y formulación de dietas, así como, desarrollo de nuevos productos.
- Caracterizar el proceso de producción de larvas, así como, estandarizar el contenido proteico de la harina a obtener.
- Mejorar la calidad del huevo que producen las gallinas ponedoras de las empresas avícolas.

3.5.Delimitación.

Al automatizar el proceso de cría y reproducción de mosca domestica podemos estandarizar los parámetros para mejorar el sustituto nutraciente para el consumo de las gallinas ponedoras, sin embargo, el uso de ciertos sensores al momento de generar la lectura de información no cuenta con cierto grado de precisión, por lo cual, es más compleja su programación.

3.6.Limitación.

Como en toda automatización puede existir una falla en la conexión lo cual suspendería los parámetros establecidos y se perdería la continuidad del proceso y eso causaría un retraso en la producción.

4. Marco teórico.

4.1.Importancia de la avicultura en México.

La avicultura se encarga de la producción de pollos y pavos bajo rigurosos procesos de cuidado y alimentación para mantener la calidad que caracteriza a México. Esta industria genera alrededor de un millón de empleos directos e indirectos y beneficia al comercio nacional e internacional.

Las aves de mayor consumo son los pollos y las gallinas, de estas últimas existen diversas razas que cubren necesidades específicas, por ejemplo, las gallinas ligeras producen huevo, para consumo de carne están las gallinas pesadas y las gallinas semipesados que son con doble propósito (carne y huevo); los pollos son aquellas aves que en su mayoría se ocupan para consumo de carne y es conocido como pollo de engorda y se obtiene de las gallinas pesadas [6].

Dentro de la avicultura también encontramos la producción de guajolote, como se le conoce en México desde la época prehispánica, o pavo, como también se le conoce por la influencia española, es una de las aves domésticas de mayor tamaño, pudiendo alcanzar entre 14 y 18 kilogramos de peso a los 6 meses de edad; el consumo de esta ave en México es mucho menor ya que, en su mayoría se prepara para festividades navideñas, los guajolotes que son utilizados para consumo humano son los denominados como pavo de corral.

En 2014, México produjo casi 3 millones de toneladas de pollo para consumo y más de 2 millones de toneladas de huevo, cabe mencionar que el estado con mayor producción de carne de pollo es Aguascalientes y jalisco en producción de huevo [6].

4.2. Aporte de proteína por la avicultura a nivel mundial.

En primer lugar, la avicultura destaca a nivel mundial pues su principal producto, la carne de pollo, es la principal proteína de origen animal en el mundo [7].

Tabla 1: Aporte de proteína [7].

PROTEINA	PORCENTAJES EN EL SECTOR
Carne de pollo	38.22%
Leche de vaca	18.82%
Huevo para plato	17.02%
Carne de res	16.07%
Carne de cerdo	8.58%
Otros	1.28%



Figura 1: Aporte de proteína [7].

4.3. Consumo y producción de carne de pollo en México.

En cuestión de la producción y consumo de los productos derivados de la industria avícola, la carne de pollo se posiciona como uno de los alimentos favoritos de la población. Debido a su aporte nutricional, su disponibilidad, su precio y a que es parte esencial de muchos platillos de nuestra gastronomía, el pollo es un pilar fundamental de nuestro país [7].

Tabla 2: Consumo y producción de pollo en México [7].

AÑO	PRODUCCIÓN NACIONAL (MILLONES DE TONELADAS)	CONSUMO PER CÁPITA (KG)
2015	3.18	30.46
2016	3.28	31.18
2017	3.38	31.86
2018	3.47	32.26
2019	3.55	33.00
2020	3.59	32.86
2021*	3.72	33.56

Figura 2: Consumo y producción de carne de pollo en México [7].

4.4. Aporte a la economía y generación de empleos en México.

En el 2012 participó con 3.8% de la producción mundial, después de China (37.4%), Estados Unidos (8.5%), India (5.3%) y Japón (3.9 por ciento).

En el 2012, México produjo 2.4 millones de toneladas con valor de 44,177 millones de pesos, siendo el estado de Jalisco el primer productor con participación de (55%), seguido por Puebla (15%), Sonora (8%), la región de La Laguna (5%) y Yucatán (4 por ciento). La avicultura nacional constituye una actividad económica de gran importancia. En el 2012 aportó 0.77% del PIB total, 19.7% del PIB agropecuario y 40.9% del PIB pecuario.

En la producción pecuaria la avicultura representa 63% del valor de la producción; La producción de pollo aporta 34.6%, la de huevo 27.9% y 0.10% la de pavo.

Esta actividad económica es una importante generadora de empleos, dado que al cierre del 2012 generó 1,188 miles de empleos directos e indirectos.

La comercialización del huevo para consumo humano se realiza de tres maneras: 80% se comercializa a granel en los mercados tradicionales y centrales de abasto, 14% en tiendas de autoservicio en envases cerrados y 6% restante se destina al uso industrial.

En nuestro país, el huevo juega un papel importante en la dieta, tanto por su costo accesible a la mayor parte de la población como por su alto valor nutricional y versatilidad de preparación. La población es la principal consumidora mundial de huevo, reportando un consumo per cápita de 20.8 kg por año.

Durante el mes de junio del 2012 se detectaron brotes de influenza en granjas avícolas del municipio de Tepatlán, Jalisco. La infección pudo ser contenida.

Sin embargo, la contingencia sanitaria provocó la pérdida de 22.3 millones de aves de postura. Entre enero y abril del 2013 se reportaron brotes en Aguascalientes, Guanajuato,

Tlaxcala y Puebla, aunque de menor severidad. Estos brotes de influenza han generado en total, según datos de la Unión Nacional de Avicultores, pérdidas para el sector avícola de alrededor de 12,000 millones de pesos.

Por la importancia del estado de Jalisco en la producción nacional, el impacto en el abasto fue significativo y, con ello, el aumento del precio del alimento en el mercado nacional, reportándose precios al público de 38 pesos por kilogramo en algunas entidades del país. Esta experiencia puso de manifiesto el impacto de las contingencias sanitarias en la volatilidad de precios en los alimentos. El día de mañana comentaré la situación actual de las zonas productoras del estado de Jalisco y las expectativas al cierre del 2013 [8].

4.5. Generalidades de las aves domésticas.

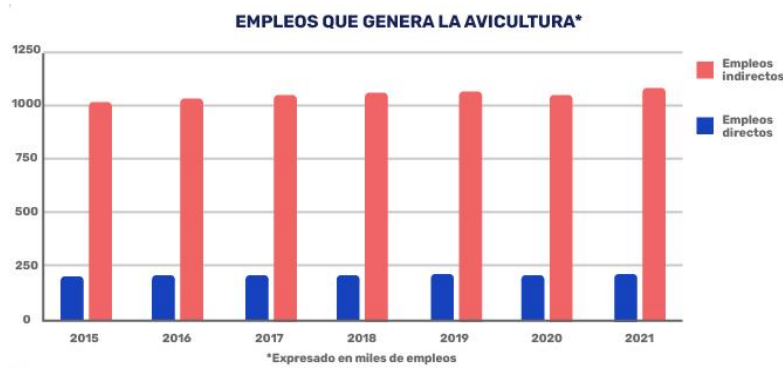


Figura 3: Empleos que genera la avicultura en México.

Los primeros pollos (posiblemente la especie *Gallus gallus*), fueron capturados en los bosques lluviosos del Sureste de Asia hace más de 3,000 años, desde entonces han sido criados en muchas variedades por selección y circunstancia para la obtención de huevos y carne por casi todos los grupos humanos a través del mundo [9].

Las Gallináceas son aves distribuidas por todo el mundo con unas 250 especies, de tamaño mediano o grande, aspecto macizo, patas robustas aptas para andar y correr, y con fuertes uñas para escarbar. Las alas son cortas y anchas, el pico fuerte y ligeramente curvado, con

un opérculo que tapa parcialmente los orificios nasales mientras escarban.

Frecuentemente tienen crestas y barbillas, y su plumaje está vivamente coloreado, especialmente en los machos. Se alimentan preferentemente de grano. Poseen gran independencia respecto al medio lo que les permite colonizar todo tipo de ambientes [10].

En los países hoy en día la tendencia actual es a la especialización de la producción en granjas avícolas: algunos productores se encargan del incubado de huevos, otros de la producción de huevos para el consumo y otros de la cría de pollos para el mercado de la carne [11].

Por otra parte, dentro de las aves podemos incluir pollos, pavos, patos, gansos, gallinas de guinea, faisán, codornices y palomas, siendo el pollo el ave más apetecida hoy en día; la palabra ave se aplica a animales domésticos de corral que se crían para obtener huevos, carne o ambos, sin embargo, se sostiene que antiguamente las aves de corral se les denominaba a cualquier tipo de ave, luego se aplicó sobre todo a especies comestibles y en particular a los pollos [9].

4.6.Población avícola.

Se estima que para finales de 2021 la producción de carne de ave sea de 3.65 millones de toneladas, 2.0 por ciento más que en 2020, y la de huevo para plato de 3.05 millones de toneladas, 1.1 por ciento superior a la del año pasado.

Como resultado del trabajo coordinado, se estima que para finales de 2021 la producción de carne de ave sea de 3.65 millones de toneladas, 2.0 por ciento más que en 2020, y la de huevo para plato de 3.05 millones de toneladas, 1.1 por ciento superior a la del año pasado, señaló el secretario de Agricultura y Desarrollo Rural, Víctor Villalobos Arámbula.

En el marco del 55° Congreso Nacional de Avicultura 2021, indicó que México se encuentra posicionado en el ranking mundial como el sexto productor de carne de ave, con Veracruz,

Querétaro, Aguascalientes y Jalisco como principales entidades productoras, y en cuarto lugar en huevo para plato, con Jalisco, Puebla, Sonora y Yucatán al frente.

La industria avícola nacional representa uno de los sectores estratégicos para la alimentación en México, al significar 28.5 por ciento de la producción nacional pecuaria, con un consumo per cápita anual de 34.2 kilogramos de pollo, 23 kilogramos de huevo y 1.3 kilogramos de pavo, afirmó el secretario de Agricultura y Desarrollo Rural, Víctor Villalobos Arámbula.

Este sector productivo brinda a las familias mexicanas una fuente excelente de nutrición, apoya a la economía familiar al ser una proteína asequible, altamente versátil y que contribuye a las metas de autosuficiencia alimentaria, pues se tiene acceso a esta en todo momento, subrayó durante el 55° Congreso Nacional de Avicultura 2021.

En mensaje virtual, el titular de Agricultura destacó que, como resultado del trabajo coordinado, se espera que el volumen de producción de carne de ave para finales de este 2021 sea de 3.65 millones de toneladas, 2.0 por ciento más que en 2020, y el huevo para plato de 3.05 millones de toneladas, 1.1 por ciento más que en el año pasado.

Con estas cifras, indicó que México se encuentra posicionado en el ranking mundial como el sexto productor de carne de ave, con Veracruz, Querétaro, Aguascalientes y Jalisco como principales entidades productoras, y en cuarto lugar en el caso de huevo para plato, con Jalisco, Puebla, Sonora y Yucatán al frente.

Resaltó que en México las unidades avícolas para carne de pollo son de las más intensivas del mundo, y consideró que el sector tiene el reto de incrementar la parvada para generar volúmenes de carne en alrededor de 500 mil toneladas adicionales por año.

Estas cifras de producción, dijo, constatan que el sector avícola ha demostrado ser resiliente ante las adversidades, sobre todo las derivadas de la COVID-19, pues, pese a ello, los

avicultores continuaron ampliando su producción, adaptándose y desarrollando nuevas líneas de negocio que les permitió abastecer la demanda de los hogares mexicanos.

Puntualizó que actualmente se aplican múltiples mecanismos de sanidad e inocuidad en la industria avícola, como el reforzamiento de medidas de bioseguridad en las unidades de producción; el seguimiento a la influenza aviar con la aplicación de mecanismos de control para evitar su propagación, contar con ocho entidades con estatus sanitario libre de influenza y 21 entidades con escasa prevalencia, y la certificación y la aplicación de Buenas Prácticas de Producción Avícola, entre otras.

En la atención al sector, dijo, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) tiene el mandato de trabajar de la mano con la industria avícola nacional para potenciar la productividad del país, abastecer la demanda interna y garantizar la calidad e inocuidad de los alimentos que llegan las mesas de los mexicanos y mexicanas.

Precisó que la industria avícola, al ser un consumidor importante de granos, en específico de maíz y sorgo, permite a su vez el crecimiento de otros sectores de la agricultura y generar mayor número de empleos directos e indirectos.

En materia de sostenibilidad, abundó, la avicultura representa un buen ejemplo de “economía circular” y una oportunidad de desarrollo alimentario y medioambiental, ya que permite recuperar gran parte de los residuos que resultan de todos los procesos de producción, y se reutilicen en el procesamiento de alimentos para otras especies animales.

“Hoy por hoy, los sistemas alimentarios de proteína proveniente de aves también contribuyen a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible, promoviendo buenas prácticas que reflejan el cuidado de los recursos, salud integral, resiliencia e impacto positivo en la productividad

y todo esto basado en ciencia, a través de la innovación y transferencia de tecnología, sin dejar de lado las cualidades y atributos de la calidad del producto”, destacó.

Villalobos Arámbula convocó a la unidad de la avicultura nacional y a trabajar de manera coordinada tanto los sectores público-privado, los tres niveles de gobierno, academia, centros de investigación y nutrición, así como productores, con la aportación de capacidades para obtener, día con día, proteína accesible y sin distinción para toda la población y con ello contribuir al bienestar del pueblo de México.

En esta labor, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural acompañará al sector avícola, con bienes y servicios públicos, así como con los instrumentos de política pública necesarios para el sostenimiento y crecimiento de este subsector, apuntó.

El presidente de la Unión Nacional de Avicultores (UNA), Juan Manuel Gutiérrez Martín, aseguró que, con las medidas y trabajo en el sector, se mantendrá un ritmo de crecimiento promedio de 1.7 por ciento respecto a 2019, con 6.5 millones de toneladas de productos avícolas, y para este 2021, con la apertura de la economía, se estima que la industria crezca 3.5 por ciento.

Con estos números podemos demostrar una vez más la fortaleza e importancia del sector avícola mexicano. “Hoy puedo decir orgullosamente que los avicultores hemos sabido cuidar a nuestra gente, nuestras aves, a nuestra industria y, evidentemente, a la economía del país, en todos los sentidos”, subrayó.

Comentó que justo ahora, la industria avícola mexicana enfrenta retos, tanto a nivel nacional como internacional, y como productores de alimentos se deben atender las nuevas necesidades de todos los sectores de la población, debido a que la avicultura ha evolucionado, al igual que han cambiado las exigencias y gustos de los consumidores.

En el encuentro, la Industria Avícola Nacional rindió homenaje con el Diploma al Mérito Avícola al productor Pedro Ruiz García, avicultor sonorenses, con reconocida trayectoria en el sector, quien, además de ser productor de huevo y consejero y tesorero de la UNA, ha sido clave en el desarrollo e integración de la industria avícola de Sonora [13].

4.7. Manejo de las aves

4.7.1. Instalaciones

Las aves requieren de ciertas condiciones mínimas para un adecuado control sanitario y alimenticio; para ser protegidas de sus enemigos naturales y de robos; para evitar daños a vecinos; y para asegurar la recolección de los huevos. Lo anterior mejora la eficiencia productiva del sistema. Con el fin de lograr un manejo eficiente de las aves, se requiere un gallinero, comederos, bebederos, perchas y nidos [14].

Las aves domésticas pueden criarse con buenos resultados si se encuentran bien protegidas de las malas condiciones del tiempo, por lo que es de importancia darles alojamientos adecuados, para esto el productor debe considerar lo siguiente: selección del terreno, ubicación y orientación de la galera (Gallinero).

Selección del terreno: Este debe tener acceso y buena fuente de agua, energía eléctrica, vías de comunicación y la cercanía del mercado. Ubicación: Preferentemente en un lugar sin problemas de encharcamiento, con buen drenaje, que mantengan buena vegetación y libre de polvo. Lo más adecuado es ubicar la galera o gallinero en el costado de una pendiente, porque ésta actúa como una barrera contra el sol y el viento, además permite una buena ventilación y el suministro de agua es fácil. También se considera correcto ubicarlas en terrenos planos, siempre y cuando exista una barrera con árboles que ayuden a detener el viento, sin impedir la circulación de aire en el interior de la galera. En climas cálidos y templados, La galera debe ser orientada en dirección Este. Oeste, de esta manera los rayos del sol no penetraran

dentro de ella. En climas fríos, La galera debe ser orientada en dirección Norte Sur, de esta manera los rayos del sol entran en las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde [15].

El estiércol del gallinero debe recogerse al menos tres veces por semana. Luego, se debe desinfectar con ceniza, cal o agua caliente [14].

4.7.2. Alimentación

Las aves son omnívoras y están adaptadas a vivir sobre el suelo, donde encuentran sus alimentos naturales, como son los gusanos, insectos, semillas y materia vegetal. Las patas, con cuatro dedos, están adaptadas para arañar el suelo. En su ambiente natural, las gallinas andan distancias considerables para buscar comida y pasan mucho tiempo (50-90% de su tiempo) buscando alimento y picoteando. Esto implica que el comportamiento de hurgar y explorar se encuentra muy desarrollado y están altamente motivadas para realizarlo ya que picotean el suelo, incluso cuando se les proporciona el alimento adecuado [16].

La alimentación es un factor clave para lograr la mejor respuesta productiva de las aves en términos de huevos y carne. El alimento debe ser de la mejor calidad y en la cantidad que demanda el ave, para evitar el desperdicio. Es deseable que los alimentos utilizados sean producidos en la finca para reducir costos, especialmente en los sistemas extensivos y semi intensivos [14].

En las granjas, los animales generalmente tienen alimento a libre disposición, se trata de piensos de alta concentración nutritiva y altamente digestibles. El consumo de pienso y agua están relacionados (el consumo de agua es 1,8-2,3 veces el consumo diario de pienso), aspecto de gran importancia a la hora de valorar el estado del lote. Consumen a lo largo de todo el día, aunque existen picos de consumo sobre todo antes de oscurecer y después de la

llegada de la luz. La cantidad de espacio de comedero por ave es importante ya que es deseable que las aves estén confortables y puedan ingerir la cantidad de alimento adecuada. A la hora de elegir la comida, los pollos tienen un pobre sentido del gusto y el olfato y se basan principalmente en el de la vista, seleccionándolo por la medida, el color y la forma de partícula. Las aves seleccionan preferentemente partículas con diámetros superiores a 0,8 mm. Así, las características de partícula del alimento influyen directamente sobre el consumo y, por lo tanto, sobre los parámetros zootécnicos del ave [16].

La alimentación de las aves de corral depende del uso que se les pretende dar. Así tenemos que la alimentación (de crecimiento y de producción) puede ser tecnificada y semi tecnificada, en la cual son alimentadas con raciones o alimentos balanceados (de alta calidad), en las que se incluyen granos como el maíz y el sorgo, pastas de soya, suplementos vitamínicos, promotores de crecimiento, minerales, intenso uso de medicinas como vacunas, antibióticos, desparasitantes, etc. Normalmente la alimentación de las aves de traspatio consiste en granos de maíz, trigo o sorgo, sobrantes de comida como la tortilla y el pan, desperdicios de frutas y verduras, algunos forrajes o hierbas, insectos, lombrices y algunos gusanos. También se pueden utilizar subproductos como el salvado de maíz, de trigo o pulido de arroz, aunque su empleo debe ser limitado, por contener mucha fibra. Como fuente de proteína se puede emplear la alfalfa molida (la limitación de esta fuente es su alto contenido en fibra). Sin embargo, las mejores fuentes de proteínas son las de origen animal como la harina de pescado, de hueso o de sangre. Se debe calcular que 10 gallinas consumirán aproximadamente entre dos y tres litros diarios de agua. En el verano es de suponer que debido al calor el consumo del agua aumente considerablemente. Además, el agua puede ser un cómodo vehículo para la provisión de vacunas, nutrientes y medicamentos, cuando sean necesarios [15].

4.8.Nutrición

Los requerimientos nutricionales de las aves están definidos en términos de energía, proteína, aminoácidos, vitaminas y minerales (Tabla 3). Para aves comerciales, la eficiencia de la alimentación se mide según la conversión alimenticia lograda. Pero en aves de traspatio los requerimientos son muy variados debido a que intervienen muchos factores, como la variabilidad genética, el manejo, salud y medio ambiente; Por lo que en estas poblaciones no existe una definición clara de los requerimientos nutricionales [17].

Tabla 3:Recomendaciones nutricionales por etapa [18].

	Pollos iniciación 0-8 semanas	Pollos crecimiento 8-18 semanas	Gallinas ponedoras
Proteína total, por ciento	20	16	15
Vitamina A (Unidades U.S.P)	2640	2640	4400
Vitamina D (Unidades I.C.U)	198	198	495
Tiamina, mg.	17	-	-
Riboflavina. Mg.	2.8	1.7	2.2
Pantotenato de calcio, mg.	9.2	9.2	4.6
Niacina, mg.	26	11	-
Piridoxina, mg.	2.8	-	2.8
Vitamina B12, mg.	0.008	-	-
Folacina	0.55	-	0.22
Calcio, por ciento	1.0	1.0	2.25
Fosforo, por ciento	0.6	0.6	0.6
Sodio, por ciento	0.15	0.15	0.15
Manganeso, mg.	55	-	-
Zinc, mg.	44		-

Los nutrientes, por su parte son sustancias básicas para la alimentación de las aves. Los principales nutrientes para una adecuada alimentación son los siguientes: agua, proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales [14].

Agua: las aves requieren agua fresca y limpia para el consumo “ad libitum”. Esta se debe colocar en dispositivos especiales para ello (bebederos) y resguardar de la luz directa del sol, ya que se reduce el consumo por elevación de su temperatura con el consiguiente retardo en el crecimiento (Cría de aves) [14].

Proteínas: Ayudan a las aves a desarrollar partes de su cuerpo como la piel, los músculos (carne), los órganos internos y las plumas. Permiten el crecimiento y aumentan la postura de huevos. Las proteínas no se almacenan en el cuerpo de las aves; por lo tanto, deben estar siempre presentes en los alimentos. Las fuentes proteicas para la alimentación de las aves pueden ser de origen vegetal o animal (Ver cuadro 3). Las de origen vegetal incluyen: la harina de semilla de soya; la harina de semilla de arveja o gandul (*Cajanus cajan*); y las hojas frescas picadas o la harina de hojas secas de especies forrajeras, como morera (*Morus alba*), nacedero (*Trichantera gigantea*), maní forrajero (*Arachis pintoi*) y otras que se podrían seleccionar como las familias en las comunidades rurales. Entre las de origen animal se encuentran las larvas de mosca, larvas de comején y lombrices [14].

Tabla 4: Pproteínas de origen animal y vegetal [19].

Origen Vegetal	Cantidad proteína	Origen Animal	Cantidad proteína
Maíz	8.50%	Harina de carne y hueso	50%
Soya	49.80%	Harina de plumas hidrolizadas	80%
Algodón	39.40%	Harina de sangre	85%
Ajonjolí	44.7%	Harina de pescado	65.20%
Cacahuete	31.30%	Lombrices	57%
Coco	26%	Larvas de mosca	42-60%
Girasol	42%	Grillos	55-67%
		Gusanos de seda	51-70%

Grasas y carbohidratos: proporcionan la energía para la digestión, el movimiento, el crecimiento y la reproducción de las aves. Aunque las grasas y carbohidratos cumplen las mismas funciones, las grasas generan dos y hasta cuatro veces más energía que los carbohidratos [20].

Vitaminas: ayudan a que los movimientos del ave sean coordinados, contienen minerales, como el calcio y fósforo, necesarios para la producción de huevos, para el crecimiento y la formación de huesos y plumas [20].

Minerales: ayudan al desarrollo y a la buena salud de las gallinas. Además, mejoran la reproducción de las aves, la producción de huevos y carne. Si se usa un producto comercial, este debe mezclarse con los alimentos diarios. El calcio es un mineral importante porque ayuda a formar los huevos del ave y la cáscara del huevo; se encuentra en la propia cáscara, la cual se puede dar bien triturada a las gallinas [14].

4.9. Tipo de alimentación

4.9.1. Alimentación convencional.

El sistema tradicional de alimentar al pollo broiler consiste en administrar una secuencia de piensos a lo largo de su vida productiva, de forma que cada uno de ellos satisfaga las necesidades de los diversos nutrientes en el punto medio del periodo en que se administra este pienso. Si por ejemplo tomamos como referencia las necesidades en aminoácidos, mediante este sistema de alimentación únicamente se administra de forma óptima el alimento durante tantos instantes a lo largo de la vida del animal como numero de piensos se administren. En el resto de los días del periodo de cebo el pollo se encuentra con una alimentación excedentaria o deficitaria en estos nutrientes, que en términos productivos se traduce en un empeoramiento del crecimiento y del índice de conversión [21].

4.9.2. Alimentación alternativa

La elaboración de concentrados caseros para alimentar las aves de corral es una forma de aprovechar los productos de la finca y el huerto familiar y forma parte del sistema productivo, donde la familia hace uso de los recursos disponibles [20].

Cuando se cubre la demanda familiar y el excedente de la producción es destinado para la venta, se mejoran los ingresos económicos de la familia. La alimentación balanceada en las

gallinas puede prepararse mediante la mezcla de varios alimentos disponibles en la finca o el huerto familiar, haciendo uso de lo que produce la familia, o se encuentra con facilidad en la comunidad [20].

Tabla 5: Formula para alimento alternativo [22].

TIPO DE CONCENTRADO	INGREDIENTES	CANTIDAD
Concentrado a base de frijol	▪ Maíz o maicillo	9kg
	▪ Frijol gandul	3kg
	▪ Hojas de gandul, yuca	0.5 kg
	▪ Azúcar	2 cucharadas
	▪ Sal	1 cucharada
Concentrado a base de maíz y maicillo	▪ Maíz	2.5 kg
	▪ Maicillo	4 kg
	▪ Fruta de caulote	2.5 kg
	▪ Hojas deshidratadas: ✓ Mar pacifico ✓ Madreado	1 kg de cada hoja
	▪ Sal común	1.25 kg
	▪ Sal mineral	2 cucharadas
	▪ Ceniza	2 cucharadas
Concentrado a base de hoja de yuca	▪ Maíz	7kg
	▪ Hoja de yuca	2 kg
	▪ Frijol gandul	3 kg
	▪ Cascara de huevo	4 onzas
	▪ Sal común	1.5 onzas
	▪ Azúcar	2 Cucharadas

* Ración semanal para 10 aves

Los ingredientes deben ser pesados, las hojas de plantas forrajeras deshidratadas al sol, frijoles y cascara de huevo tostadas al sol y todos los productos se deshacen con las manos para poderse mezclar, la sal o azúcar y agua se añaden a la hora de administrar para evitar que se endurezca el alimento. (Tabla 5) [20].

4.10. Mosca Domestica

La mosca doméstica (*Musca domestica*) es una especie perteneciente al orden de los dípteros, grupo de insectos que poseen 2 alas funcionales (el segundo par de alas esta reducido a órganos de balanceo denominados halterios). Este es probablemente el insecto más cosmopolita del mundo asociado a actividades desde los trópicos hasta las regiones polares [23].

4.11. Taxonomía.

Reino: animalia

Phylum: Artrópoda

Clase: Insecta

Orden: Díptera

Suborden: Cycorhapha

Superfamilia: Muscoidea

Familia: Muscidae

Género: *Musca* Especie: *Musca doméstica* (Blasco. 2016).

4.11.1. Ciclo de vida

La mosca domestica presenta un ciclo de vida que involucra distintos estadios desde el huevo pasando por la larva, la pupa y finalmente el adulto (Ver Figura 4).

La especie realiza una hibernación en estadio de larva o pupa, en lugares protegidos. Los veranos cálidos son óptimos para su desarrollo pudiendo completar su ciclo en 7-10 días. Una hembra puede poner hasta 900 huevos en paquetes de 75 a 150 cada vez. Los huevos son blancos, de 1,2 mm de largo aproximadamente y deben permanecer húmedos para

eclosionar, las larvas alcanzan un tamaño de 7-12 mm de largo luego de 6 días, son de coloración cremosa sin patas, la pupa se desarrolla protegida por una membrana color café (Villacide y Masciocchi, 2016).

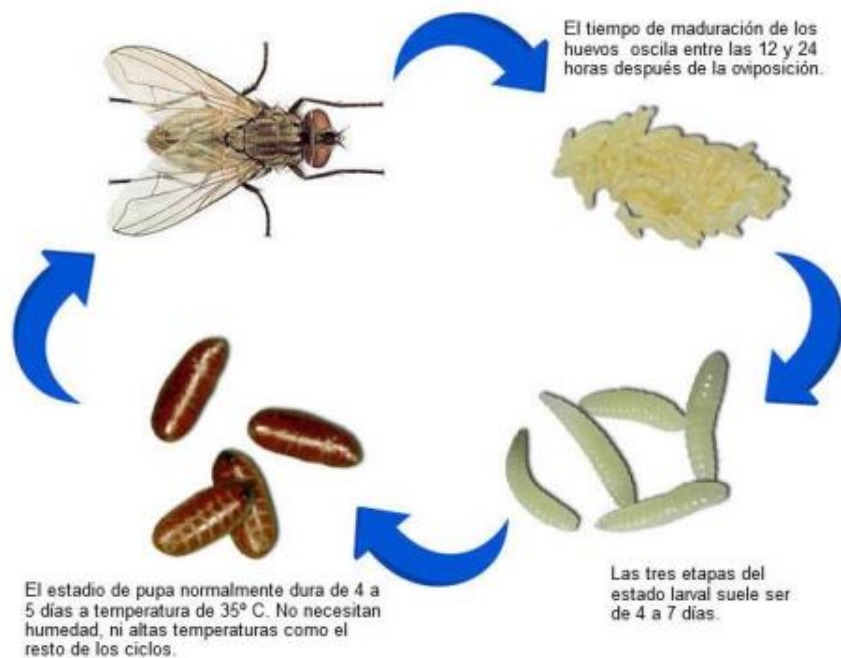


Figura 4: Ciclo de vida de la mosca doméstica (Hernández, 2016)

4.11.2. Larva de mosca

Las larvas de mosca común (*Musca domestica*) se desarrollan principalmente en ambientes tropicales. Los gusanos son una fuente importante de proteínas de origen animal para las aves de corral: tienen un 30% de humedad y en su materia seca el 54% del peso es de proteína. Los gusanos pueden ser consumidos en fresco, pero para la agricultura intensiva es más conveniente utilizarlos como producto seco, en términos de almacenamiento y transporte. Los estudios han demostrado que la harina de gusano puede reemplazar la harina de pescado

en la producción de pollos de engorde. Al mismo tiempo, la producción de gusano puede contribuir a reducir la acumulación de estiércol [25].

Se han usado larvas de mosca domestica (*Musca domestica* L.) como biodegradadores de gallinaza; pero esta biodegradación, digestión biológica o catabolismo depende de varios factores como son: densidad larval, contenido de agua, humedad relativa, temperatura ambiente, espesor de la capa de gallinaza y duración del periodo de digestión. La mayoría de los autores, concuerdan en los siguientes rangos de factores para la óptima degradación: tres huevos por gramo de gallinaza o 0.5 a 1 gr de huevos por kg de gallinaza, 60 a 75% de agua, 30% de humedad relativa, 25 a 27° C, 6 a 8 cm de espesos y de 5 a 10 días para su producción (Lazo et al, 2010).

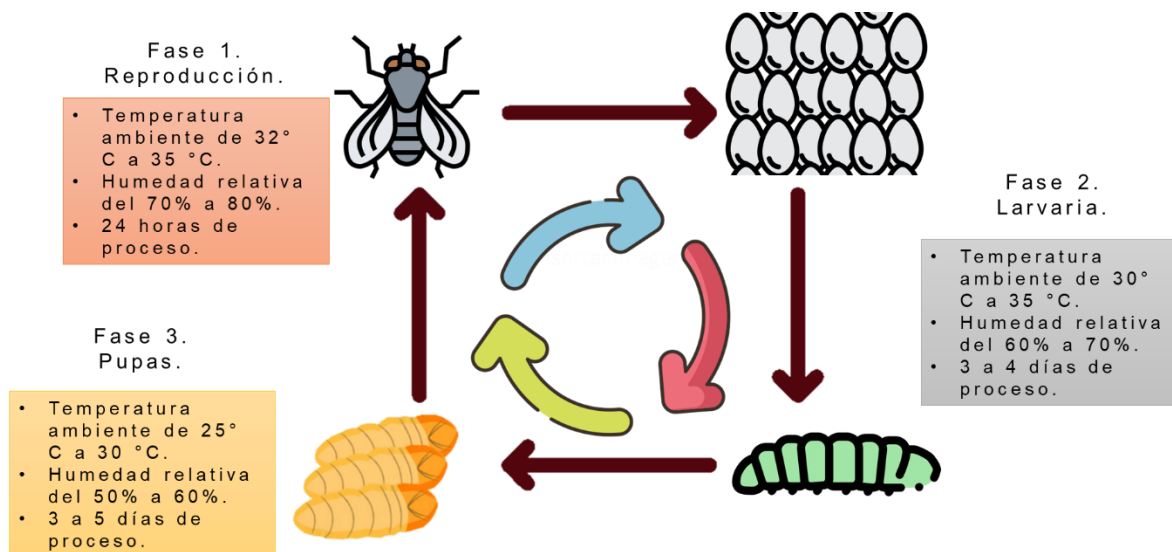


Figura 5: Ciclo de cría y reproducción de la mosca domestica

4.11.3. Aportes nutricionales de la larva de mosca

Las larvas de moscas caseras son muy ricas en proteína bruta (Tabla 6) y en aminoácidos esenciales por lo cual se pueden utilizar como sustituyentes de la harina de pescado en las dietas (30 a 45 % de PB). Los lípidos son otros nutrientes que aportan las larvas de moscas

en cantidades elevadas (9 a 26 %) lo que les permite suministrar cantidades importantes de energía metabolizable (EM) y ácidos grasos esenciales unidos a un balance apropiado de minerales y vitaminas [25]

Tabla 6: Composición nutricional de larva de mosca domestica [26].

ANÁLISIS	UNIDAD	% B.S
Materia seca	% fresco	100
Proteína bruta	% MS	48.2
Fibra cruda	% MS	8.3
Cenizas	% MS	5.5
Calcio	g/kg MS	4.7
Fosforo	g/kg MS	16

La producción de larvas de moscas no representa un problema para el ambiente en la medida de estas sean consumidas por las aves, el ciclo de vida es interrumpido al quinto día de las larvas y con esto se reduce el problema de las moscas adultas. En este sentido, la producción de larva puede funcionar como un método de control biológico de la mosca doméstica [27].

4.11.4. Características microbiológicas de la larva de mosca

El recuento de microorganismos mesófilos y clostridios debe estar dentro de los rangos permitidos por las normas del Instituto Colombiano Agropecuario. (ICA, 1999)

Tabla 7: Características microbiológicas de la larva de mosca (Instituto colombiano agropecuario, 1999)

Parámetros microbiológicos para alimentos avícolas	Norma ICA NDip-30-100-003	Harina de las larvas de <i>Hermetia illuscens</i> L.
Recuento de microorganismos mesófilos	10x10 ³ UFC/g*	0.015x10 ³ UFC/g
Recuento de microorganismos coliformes	10x10 ⁴ UFC/g*	Ausente
Recuento de clostridios sulfito reductores	20x10 ¹ UFC/g*	12x10 ¹ UFC/g
Recuento de hongos	10x10 ⁴ UFC/g*	Ausente
Aislamiento de salmonella spp en 25 g	Ausente	Ausente
Aislamiento de <i>Escherichia coli</i>	Ausente	Ausente

*Unidad formadora de colonia por gramo (UFC)

Según la evaluación de los parámetros microbiológicos exigidos por el ICA (1999) para alimentos de uso avícola en Colombia, y los resultados obtenidos para la harina de las larvas, se utilizan los valores de parámetros microbiológicos de la especie de larva de *Hermetia illuscens* L. por compartir el mismo hábitat y patrones alimenticios de la mosca doméstica. En estudios efectuados con insectos, la cutícula que recubre su cuerpo posee sustancias antibacteriales y por ello las posibilidades de microorganismos patógenos reproducirse y sobrevivir son limitadas. Esto aún no se ha establecido con detalle, pero hasta ahora no se ha reportado la presencia de *Salmonella* spp., coliformes fecales y mesófilos aerobios en las larvas de mosca común Ramos, citado por ICA (1999).

4.12. Sostenibilidad

El sector avícola ha optado por alternativas menos costosas, un método que de acuerdo con investigaciones que es viable es la composta con Moscas Soldados Negras (MSN) para

proporcionar proteína y calcio adicional a las gallinas ponedoras. Las larvas pueden digerir más de 15 kilogramos por día de residuos alimenticios por metro cuadrado de superficie de alimentación.

También las larvas son un nutritivo alimento para gallinas o pescados y la composta funciona como un abono rico en nutrientes. Las larvas de MSN son un alimento perfecto para gallinas ponedoras. Por otro lado, la composta es ideal para jardines y lombricomposta.

Se espera que la producción acuícola aumente en los próximos años, lo que implica un aumento significativo en la necesidad de proteínas alternativas para el 2050, la harina de insectos aparece como una fuente de proteína sostenible para responder a los desafíos de la industria. (Gian C., 2018)

En cuanto a la producción de huevo en México, fue superior a las 2.9 millones de toneladas al cierre de 2020, lo que refleja un crecimiento de 2.8% respecto a 2019. Asimismo, el crecimiento en la producción de huevo en el lapso de 2009 a 2019 fue de 20%, con una Tasa de Crecimiento Media Anual de 1.81%.

Una amplia investigación de Schothorst Feed Research muestra que las larvas de mosca doméstica al igual que las moscas soldados negras, son una fuente de proteína viable en la nutrición sostenible y puede sustituir totalmente a la soja.

Si la producción de larvas se puede aumentar y aplicar en las granjas de ponedoras, las larvas serán competitivas en precio con la harina de soja.

La demanda mundial de proteínas en alimentos y piensos aumentará entre 1,3% y 1,5% por año en las próximas décadas. (Agronutris, 2020)

Los insectos tienen beneficios ambientales y nutricionales. La producción a gran escala de insectos puede producir proteínas animales de alta calidad nutricional mediante la conversión de corrientes de desechos orgánicos. Los insectos emiten cantidades relativamente pequeñas

de gases de efecto invernadero y, por último, pero no menos importante, los insectos tienen un alto valor nutricional basado en los aminoácidos.

La viabilidad económica de la producción de insectos estará determinada por el valor nutritivo y los costos de producción. Los costos de producción deben, por supuesto, ser inferiores al valor nutritivo. El valor nutritivo puede ser influenciado por la alimentación de los insectos y por la selección de las razas adecuadas.

Los insectos pueden utilizarse en estos productos para reemplazar parcialmente la soja, la grasa y los aminoácidos sintéticos. (Lisa J., 2023)

La mosca doméstica cumple todos estos criterios y permitiría la producción rentable de larvas. Las ventajas de la automatización industrial en sector alimenticio, permite ofrecer siempre productos de alta calidad, protege a los consumidores, garantiza la seguridad de los alimentos y reduce el desperdicio de alimentos.

5. Metodología.

El presente proyecto es una “Investigación Aplicada” que involucra la implementación de tecnología mecatrónica flexible. Donde las primeras actividades son el diseño, construcción de la jaula, el armado del circuito y la programación de mecanismos de control a través del Arduino, para proceder a la experimentación, esto se logrará haciendo que se trabaje bajo condiciones de incubación seleccionadas de acuerdo al ambiente de la mosca doméstica, se realizará el monitoreo de los días que tarda la incubación, de la cantidad de pupas recolectadas, total de larvas, por medio de una bitácora donde se anotaran los avances, cambios y modificaciones, considerando:

Colocación de agua dentro de la incubadora para generar humedad dentro del 60% para que los huevos tengan una buena incubación durante los primeros días.

Activación del sistema de monitoreo automático programado.

Después de obtener los primeros resultados analizar la relación de variables de los mecanismos de control y materiales de construcción de la incubadora, con el fin de tener más evidencia de las conclusiones iniciales.

5.1.Implementación.

Como se ha indicado anteriormente, el objetivo principal de este proyecto es el diseño y creación de una jaula para mosca doméstica. Para ello, se deberá cumplir las necesidades de cría y reproducción de mosca domestica explicadas en el apartado anterior.

Para llevar a cabo el diseño, podremos diferenciar tres fases, que serán también las partes principales del proyecto.

1. Jaula
2. Hardware
3. Software

5.2.Fase 1 “JAULA”

La primera etapa, será la construcción de la jaula. Se llevará a cabo la explicación de que materiales se han utilizado y como estará diseñada, tanto la estructura exterior como la interior. También tendremos en cuenta la puerta, para poder controlar en todo momento el interior.



Figura 6: Jaula

5.2.1. Estructura de la jaula.

A continuación, se va a detallar una de las partes más importantes del proyecto. La construcción de la jaula será la etapa en la que se va a aislar de forma total el interior del exterior, con el fin de que dentro de la incubadora se establezcan unos valores de humedad y temperatura que no estén influenciados por lo que pueda estar pasando en el exterior. Por tanto, cuanto más estanca sea menos uso habrá que hacer del sistema de aclimatación y a la vez se producirá un menor consumo de energía. Para llevar a cabo el diseño de la jaula podremos diferenciar en varias etapas que se explicarán a continuación, como puede ser el material que se ha utilizado, las medidas de la jaula, el aislante, etc.

Materiales utilizados

Los materiales que se van a utilizar para construir la jaula los podremos diferenciar entre el que se va a usar para la estructura de esta y el que se va a emplear para el aislamiento interno de la jaula.

5.2.2. Caja contenedora.

En primer lugar, se ha seleccionado que tipo de material se va a utilizar para la construcción de esta, es una parte importante ya que será el encargado de ayudar a mantener la temperatura y la humedad interna, así como es importante que no sufra oxidación. Para ello se va a hacer uso de aluminio inoxidable, un material muy bueno ya que es capaz de mantener bien las condiciones de humedad y temperatura. En concreto se ha elegido láminas de aluminio, que forman un tablero 3cm de grosor. Existen de menor grosor, pero no es recomendable por la eficiencia de temperatura y humedad. Una vez se ha seleccionado el material con el que se va a construir la jaula, se procede a determinar las medidas de esta. Las medidas se han establecido basándose en las necesidades y en los requisitos que con anterioridad se han indicado en el apartado cría y reproducción de mosca doméstica.



Figura 7: Barra de aluminio.

5.2.3. Necesidades del diseño.

El tamaño será suficientemente grande como para albergar todos los sensores y actuadores de forma que no puedan molestar la incubación de las moscas domésticas. Por ello se construirá con unas medidas interiores de 60cm de largo, 40cm de ancho y 40cm de alto. Con estas dimensiones proporcionaremos un espacio suficiente como para poder albergar una gran cantidad de larvas.



Figura 8: Ancho de jaula 42cm

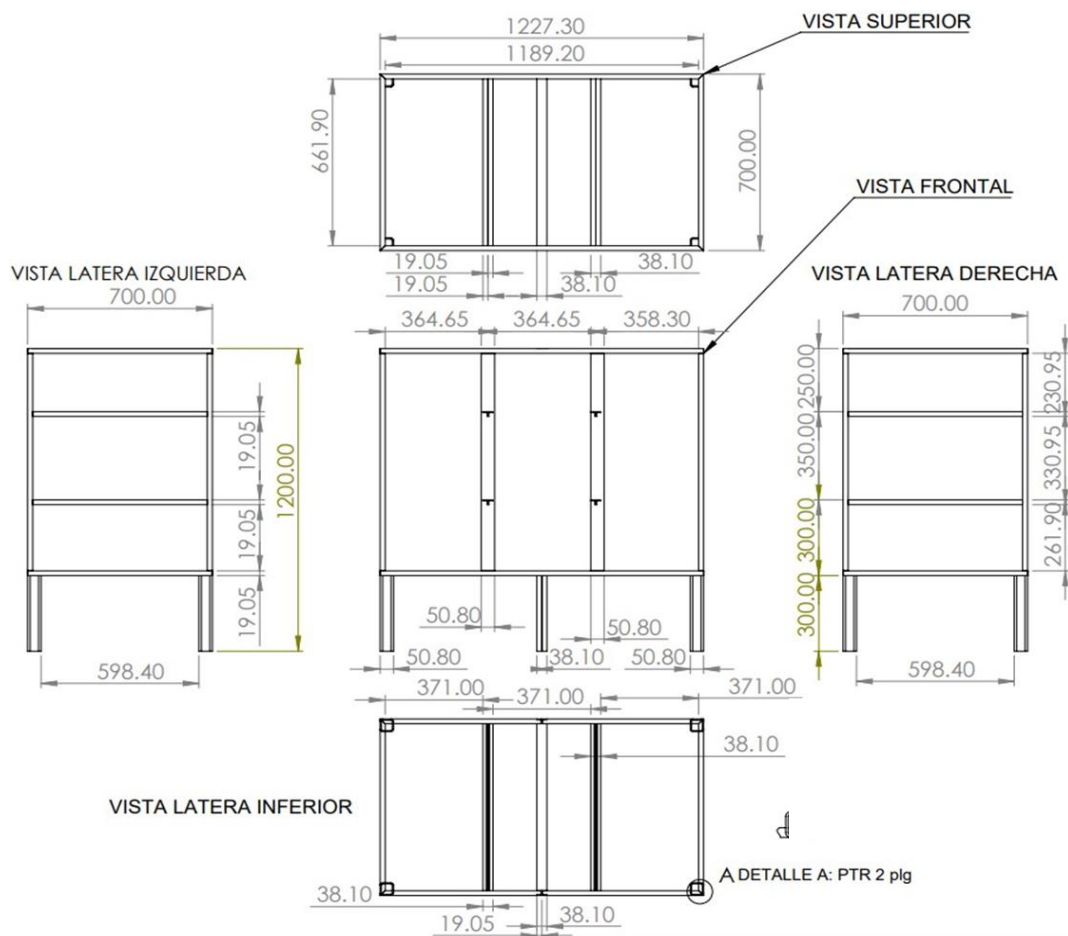


Figura 9: Vistas de la jaula

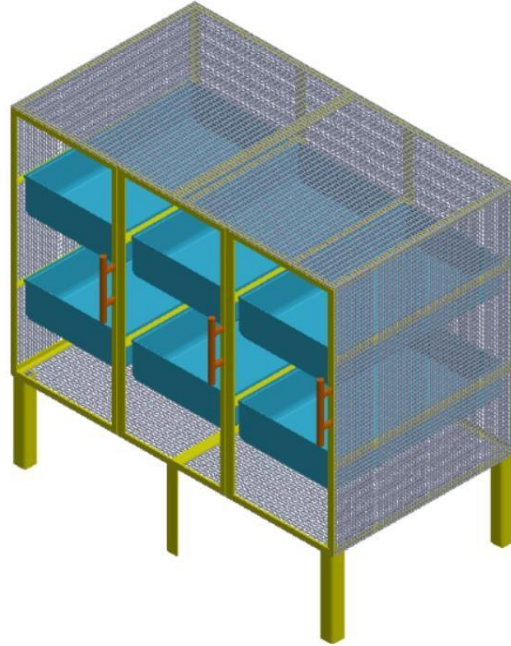


Figura 11: Representación de jaula.

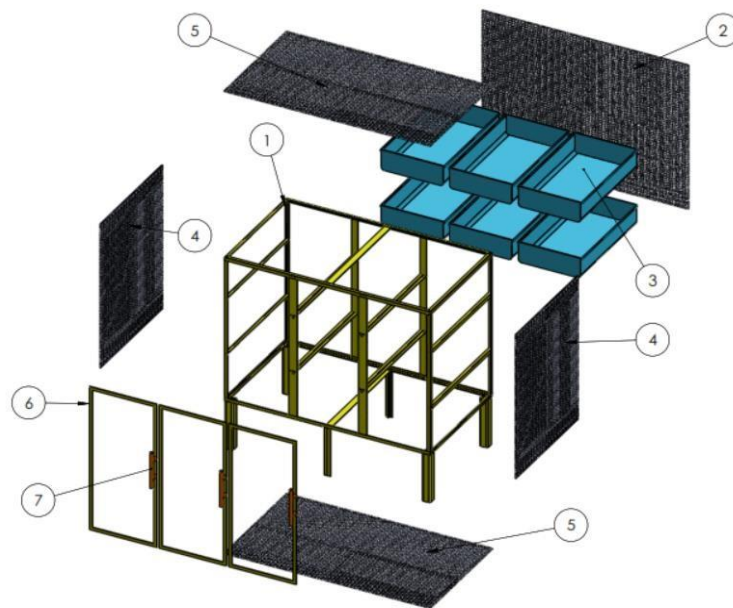


Figura 10: Ensamblaje de jaula.

5.2.4. Aislante

A pesar de que el aluminio utilizado para la estructura de la jaula ya serviría como un buen aislante, se ha decidido con el fin de proporcionar un mayor aislamiento a esta, y para que las condiciones de temperatura y humedad del interior sean lo más precisas posibles, realizar un recubrimiento de todas las caras interiores de las piezas que forman la caja con aislante térmico de aluminio y mosquiteros de plástico.



Figura 12: Mosquitero



Figura 13: Aluminio.

Este aislante se caracteriza por ser muy ligero, flexible y de espesor muy reducido, lo cual hace que sea más fácil de instalar. A pesar de tener un espesor mínimo presenta un coeficiente de conductividad muy bajo y de una gran resistencia térmica. Esto lleva a que el calor no se transfiera del interior al exterior, ni del exterior al interior, cosa que provoca un notable ahorro energético al mantener la temperatura sin alteraciones. Además, proporciona una gran resistencia a la humedad y al agua, y a todos los problemas que esto puede conllevar, como hongos o bacterias que pueden ser perjudiciales para los huevos. (ARELUX, s.f.).

Para ello, y teniendo en cuenta varias opciones como puede ser el uso de láminas de aluminio, se ha pensado en el parasol de un coche, ya que el coste de este es más barato que el que puede llegar a tener un rollo de aislante térmico de aluminio, y las características son muy similares ya que se tratan de los mismos componentes. Para proceder con el aislamiento, se han medido las dimensiones del interior de la caja, y se han marcado sobre el aluminio, recortándolo de tal forma que los laterales y la base sea toda una misma pieza, dejando unas pequeñas solapas para después poder fijar la parte trasera. Con ello obtendremos un recubrimiento interior perfecto, sellando por completo las juntas y esquinas. La tapa superior se ha recortado de tal forma que será igual de grande que la misma, para así poder apoyar el propio aluminio sobre las barras de aluminio, ejerciendo presión para tener un mejor sellado. Para la fijación del aislante a las paredes de la jaula se han utilizado remaches, clavos y pegamento en pequeñas cantidades, pero suficiente como para poder fijar el aluminio y mosquitero de forma tensa y que no se pueda mover.

5.2.5. Diseño.

Ya seleccionado el material y las medidas que deberá presentar el interior de la caja se procede a realizar el diseño de esta. Teniendo en cuenta ahora los detalles de los materiales

como puede ser el grosor de las barras de aluminio y el del aislante. Esto influenciará a la hora de cortar y unir las diferentes partes para construir la caja. Por eso mismo, reuniendo los datos obtenidos anteriormente, a la hora de marcar y cortar las barras de aluminio se tendrá en cuenta el grosor de estas, en este caso de 3cm, las medidas de la jaula serán las siguientes:

- Ancho 42cm
- Largo 62cm
- Alto 42cm



Figura 14: Vista frontal de jaula

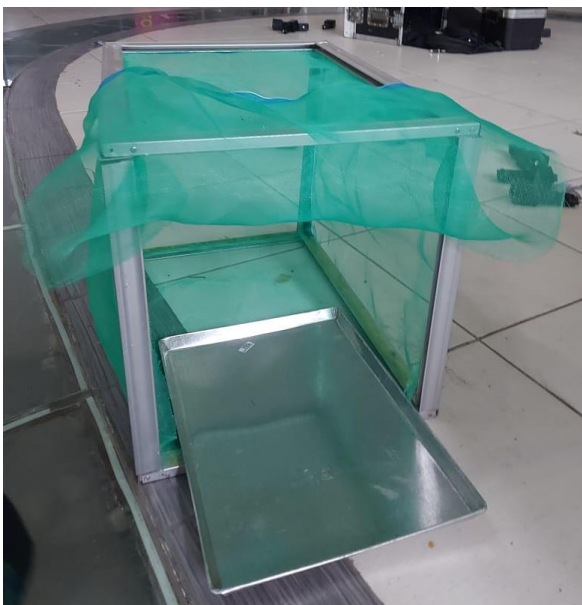


Figura 16: Jaula con charola

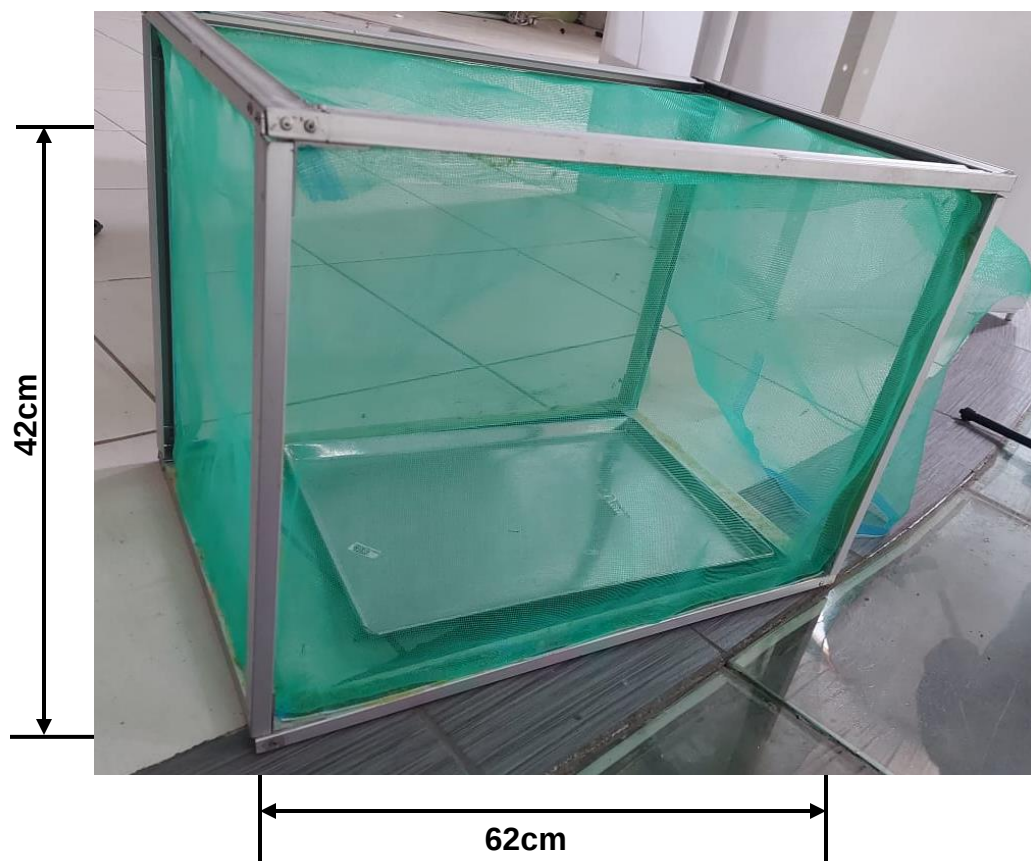


Figura 15: Jaula con medidas

Para realizar los cortes de las barras de aluminio se ha utilizado una segueta, para así poder cortar de la forma más precisa posible las piezas. Y luego haciendo uso de una lija de carpintería para rematar las posibles imperfecciones del corte. El siguiente paso ha sido unir todas las piezas, para ello se han utilizado remaches, situándolos en los extremos para así poder fijar de forma consistente las diferentes barras.

5.2.6. Bandeja para gallinaza.

Una vez ya está finalizada la estructura de la caja con el aislante y cada tapa fijada en su correspondiente lugar, se procederá a realizar la instalación de la bandeja donde se depositará la gallinaza. Para la bandeja se ha utilizado una de acero inoxidable, que a la vez de ser ligera también puede llegar a soportar las condiciones del interior de la jaula.

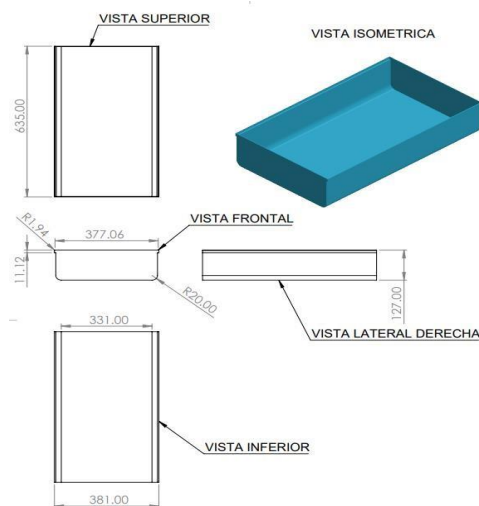


Figura 17: Planos de bandeja



Figura 18: Bandeja.

5.2.7. Soporte para foco térmico.

Una vez ubicada cada parte de la jaula procederemos hacer un soporte para el foco térmico, este será de madera donde le adaptaremos un socket para así poder colocar el foco, este debe estar a una altura de 30cm para aportar el calor necesario para las moscas domésticas.



Figura 19: Foco térmico

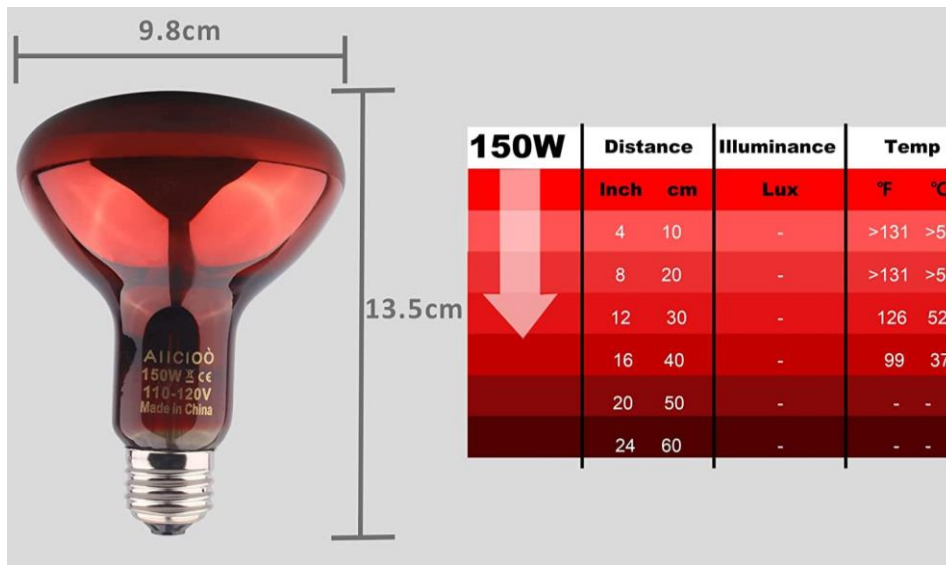


Figura 20: Especificaciones del foco.

Para que nuestro foco alcance la temperatura deseada de 35° debe estar posicionado a 40cm de distancia, ya que nuestra jaula mide 42cm de alto permite que trabaje el foco de manera adecuada y tenga la temperatura adecuada.

5.3.Hardware

En este apartado se detallarán los dispositivos utilizados, tanto de sensores como de actuadores, que serán los encargados de realizar el control automático del sistema. Se indicará cual ha sido el motivo para la elección de estos, comparando con otras opciones que se han tenido en cuenta pero que al final se han descartado, ya que no proporcionaban las características que se precisaban.

5.3.1. Dispositivos utilizados

Seguidamente se van a presentar los dispositivos principales que se han utilizado para realizar el proyecto.

5.3.2. Dispositivo controlador

Para poder llevar a cabo la lectura de los sensores y poder establecer los parámetros de temperatura y humedad que se requiere, con el fin de que los actuadores se ejecuten en función de los datos recopilados por los sensores, es necesario que se utilice un dispositivo que tenga las características necesarias para poder soportar el proceso de la automatización. Por ello se va a realizar una comparación entre dos de las opciones de controlador más utilizadas en los proyectos referentes con la automatización, en el que se analizarán las necesidades a alcanzar y las limitaciones que pudiesen surgir al utilizar uno u otro.

5.3.3. ¿PLC o microcontrolador?

Una evolución de forma elevada de la tecnología en el ámbito de la industria aparte de implicar la implantación de nuevos procesos también ha conseguido el desarrollo de nuevos computadores para controlarlos. La elección de un computador o de otro viene dada principalmente por las necesidades que requiere el proceso de la automatización. Empezando por el uso del PLC, se debe tener en cuenta que, a pesar de ser un computador muy potente y el cual puede automatizar cualquier proceso no se debe utilizar para la solución de todo tipo de problema, ya que este elemento presenta un costo muy alto para un proceso en el que se utilizasen pocos recursos. Siguiendo con las ventajas que presenta el uso de un PLC, se encuentra la posibilidad de automatizar un proceso al completo, programando cada una de las tareas. También destaca la facilidad a la hora de programar ya que incluye su propio software, lo cual el aprendizaje es muy rápido debido a su lenguaje de programación específico. La instalación es sencilla, y para manejar múltiples equipos de manera simultánea basta con agregar módulos al mismo PLC. Acabando con la principal desventaja a la hora de

elegir el uso del PLC se encuentra la necesidad de requerir un personal calificado para el manejo, lo que supone que a parte del coste del PLC también haya que tener en cuenta el costo del programador, ya que se trata de software específico. Por otro lado, se encuentra la opción del uso de un microcontrolador. La aparición de este dispositivo vino dada por el alto costo que presentaba el uso de un PLC, tanto por la compra de este como por la contratación de un diseñador de software para programar este controlador. Es por ello por lo que se investigó para buscar nuevas tecnologías con características iguales a la de los PLC, pero más económicas.

Estos dispositivos son muy fáciles de grabar, ya que a través de un ordenador es suficiente. Una de las principales ventajas de los microcontroladores es la existencia de varios programas que facilitan la programación, ya que cualquier usuario con conocimientos de programación puede desarrollar un programa que controle este dispositivo. Existe una gran variedad de microcontroladores, lo que proporciona una gran ventaja, ya que se puede escoger entre diferentes opciones, como número de entradas y salidas, memoria, etc., según las necesidades del proyecto que se vaya a desarrollar. Una de las desventajas de un microcontrolador es la necesidad de poseer un conocimiento amplio a cerca del tipo de programación. (DOKUMEN, 2016).

Para concluir con este análisis, se puede deducir que los PLC están diseñados con un fin de uso más industrial y procesos muy grandes, debido a su robustez y su resistencia a condiciones como vibraciones y ruido entre otras, así también como su alto costo económico. Mientras que el uso de los microcontroladores está diseñado para reducir el costo y el consumo de energía del proceso desarrollado. Es por eso por lo que la elección para controlar la automatización del proyecto se va a llevar a cabo haciendo uso de un microcontrolador.

5.3.4. Placa microcontroladora

Después del análisis realizado en el punto anterior se puede aclarar que la elección ha sido el uso de un microcontrolador, en concreto Arduino. Se trata de una plataforma de código abierto¹, diseñada con el objetivo de facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios a los creadores y desarrolladores. En sus inicios, Arduino fue un proyecto enfocado a estudiantes, ya que resultaba económicamente accesible en comparación con los microcontroladores que ya existían. Además, su forma de programarlo era más simple para personas sin altos conocimientos técnicos.

Actualmente esta plataforma, debido a que sea libre, presenta una gran variedad de librerías para poder controlar cualquier tipo de sensores. Existen muchos sensores ya optimizados para funcionar con Arduino, lo que simplifica bastante la parte del software. Por todas estas características se ha utilizado este microcontrolador para llevar a cabo el control automatizado de la jaula. Arduino presenta una amplia gama de modelos, que principalmente se diferencian en el tamaño, conectividad y cantidad de entradas/salidas tanto analógicas como digitales. Por ello, siguiendo los requisitos que necesitaremos para el proyecto haremos uso del modelo UNO, ya que el número de actuadores y sensores no es elevado. A continuación, se explicará cuáles son las características de este modelo utilizado para el proyecto.

5.3.5. Microcontrolador UNO

Este dispositivo es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Esta placa está compuesta por 14 pines de entrada/salida digital, de los cuales 6 pueden utilizarse como salidas PWN2. Además, presenta 6 entradas analógicas, conexión USB, conector de alimentación y un botón de reinicio. Precisa de toda la electrónica necesaria para que el microcontrolador opere, solo es necesario proporcionarle energía por el puerto USB o con un transformador AC-DC. (INFOOTEC, 2018).

La alimentación de la placa se puede realizar de diferentes formas, como bien se ha indicado anteriormente, por el puerto USB conectándolo al ordenador o suministrando 5V. Por otro lado, también se puede utilizar el jack de alimentación, la cual cosa se recomienda que si se usa este método la diferencia de tensión deberá estar entre 7 y 12V. (ARDUINO, 2019).

También cabe destacar los puertos que se utilizan para dar tensión a los circuitos de la propia placa.

- Pin GND, se trata de la toma tierra, 0V
- Vin, es la entrada de alimentación de la placa Arduino.
- Pin 5V y 3.3V, suministra una tensión de 5V y 3.3V respectivamente.

La conexión de los sensores y los diferentes dispositivos actuadores resulta fácil, gracias a las diferentes entradas que nos proporciona la placa. Por último, el traspaso del programa al microcontrolador es tan sencillo como conectarlo a través del puerto USB al ordenador, y mediante un entorno de desarrollo el programa queda grabado en la placa.



Figura 21: Microcontrolador Arduino UNO.

5.3.6. Sensor de humedad y temperatura

La monitorización de la humedad y de la temperatura se llevará a cabo a través de un mismo sensor unificado, el cual permite realizar la medición simultánea de temperatura y humedad del interior de la incubadora. Se trata de un componente muy importante dentro del proyecto, este sensor nos informará de los valores actuales de humedad y temperatura en todo momento, con el fin de que la placa microcontroladora procese los datos para que estos se encuentren siempre dentro del objetivo. En cuanto a la humedad se refiere, como bien se dijo anteriormente en el apartado, características microbiológicas de la larva de mosca doméstica, debe establecerse en un rango del 50% o 60% y del 60% o 70% los últimos tres días, para que se lleve a cabo una correcta incubación de las larvas. Este dato recogido por el sensor es el que deberá informar a la placa para que ponga en marcha los actuadores correctos, en este caso la electroválvula, para que la humedad sea la óptima en todo momento.

Por otro lado, la medición de la temperatura deberá ser un punto muy preciso, ya que debe ser siempre constante a 35°C, menos en la segunda fase que se reducirá a 30°C. El sensor recopilará los valores de temperatura obtenidos en el interior, y serán leídos por el

microcontrolador y comparados en todo momento con la temperatura objetivo. Una vez ya han sido leídos, la placa se encargará de controlar el actuador, en este caso la resistencia, para que siempre sea lo más exacta posible.

5.3.7. Sensor LM35.

El **LM35** es un circuito electrónico sensor que puede medir temperatura. Su salida es analógica, es decir, te proporciona un voltaje proporcional a la temperatura. El sensor tiene un rango desde -55°C a 150°C . Su popularidad se debe a la facilidad con la que se puede medir la temperatura. Incluso no es necesario de un microprocesador o microcontrolador para medir la temperatura. Dado que el sensor LM35 es analógico, basta con medir con un multímetro, el voltaje a salida del sensor.

LM35 y sus características principales

- Resolución: 10mV por cada grado centígrado.
- Voltaje de alimentación. Por ejemplo, este sensor se puede alimentar desde 4Vdc hasta 20Vdc.
- Tipo de medición. Salida analógica.
- Numero de pines: 3 pines, GND, VCC y VS.
- No requiere calibración.
 - Tiene una precisión de $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$.
 - Esta calibrado para medir $^{\circ}\text{C}$.
- Consumo de corriente: 60 μA
- Empaquetados comunes:
 - TO-CAN.
 - TO-220.

- TO-92.
- SOIC8.

5.3.7.1. Los pines del sensor LM35

El pinout del sensor de temperatura son tres: GND, VCC y VSalida. Entonces dependiendo del empaquetado será el orden de conexión de los pines. Por ejemplo, el empaquetado TO-220 tiene la siguiente distribución:

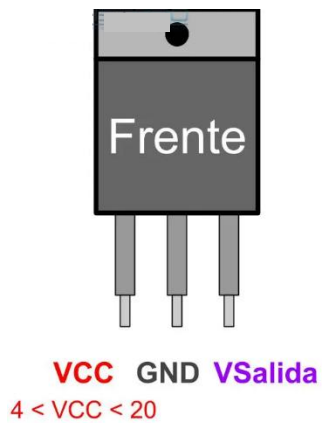


Figura 22: vista frontal pines sensor LM35

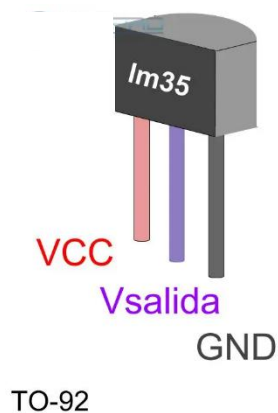


Figura 23: Vista lateral sensor LM35

5.3.8. Relés

Los relés son interruptores que funcionan con señales de poca energía eléctrica, mediante el cual se puede controlar una potencia mucho mayor con un consumo en potencia muy reducido. En este proyecto se ha decidido utilizar dos tipos de relés según las necesidades que requiere cada uno de los actuadores que formarán parte del control automático de la incubadora. A continuación, se detallarán las características de cada uno de los relés y se explicará la razón por la que se ha utilizado uno u otro para cada dispositivo.

5.3.8.1. Relé sólido SSR 10DA

En el caso de la resistencia se va a hacer uso de un relé de estado sólido. Se trata de un dispositivo semiconductor que utiliza un circuito electrónico para abrir y cerrar los contactos de salida.



Figura 24: Relé SSR 10DA

Se ha seleccionado este tipo de relé para llevar a cabo la tarea de control de la resistencia, ya que el uso de este va a ser continuo. La resistencia se encenderá o apagará con mucha frecuencia, ya que será la encargada de establecer la temperatura objetivo en todo momento, por este motivo se ha seleccionado un relé de estado sólido, ya que no dispone de contactos físicos ni rebote, como puede ser un relé electromecánico, por tanto, presenta una mayor durabilidad.

5.3.8.2. Relé electromecánico

Se trata de un dispositivo controlado por un circuito eléctrico por medio de una bobina y un electroimán acciona uno o varios contactos. El relé electromagnético se utilizará con la electroválvula y el ventilador. Ya que serán actuadores que se accionarán con menos frecuencia que la resistencia, por tanto, no hay tanto riesgo de ruptura.



Figura 25: Relé electromecánico.

En concreto se ha elegido un módulo de dos canales con relés de 5V, organizado en una misma placa que se conecta a Arduino. Tiene capacidad de controlar dispositivos eléctricos de hasta 10A y 220V en corriente alterna y 10A y 30V en corriente continua. Como se puede ver en la figura 9, tiene tres patas, dos de ellas dedicadas a la alimentación del relé y la tercera corresponde a la que detecta la señal dada por el Arduino. En el otro lado se pueden distinguir seis conectores, agrupados de tres en tres, cada uno haciendo referencia a su propio relé. El conector central corresponde a la entrada de la corriente que se tiene que controlar (entrada COM), otro que sirve para trabajar con el conector en estado normalmente abierto (NA), es decir que solo se cierra el circuito de corriente alterna cuando pasa la corriente continua, y

el tercero para trabajar con el relé en estado normalmente cerrado (NC), lo que quiere decir, que el circuito de corriente alterna está cerrado salvo cuando pasa corriente continua por el relé.

5.3.9. Módulo Wifi

La incorporación de este elemento en el proyecto viene dada por la falta de conectividad Wifi del microcontrolador. El modelo de placa que se va a utilizar no dispone de módulo Wifi, con lo que no se podría realizar la conexión entre la placa y el smartphone que albergará la aplicación para consultar los valores de humedad y temperatura y controlar los diferentes actuadores. La no inclusión de esta característica en el microcontrolador no supone un problema, ya que existen diferentes módulos para poder proporcionarla.

ESP8266, módulo ESP-01S

Este módulo es un microprocesador con Wifi que integra los protocolos TCP/IP, que nos proporcionará el acceso con cualquier microcontrolador a una red y con un bajo consumo.

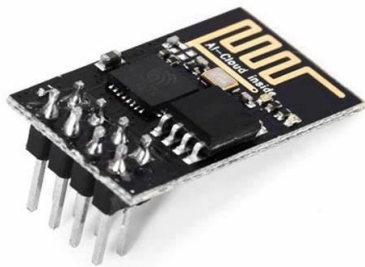


Figura 26: ESP8266- 01

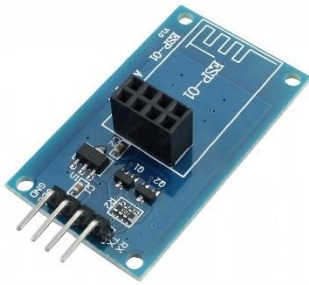


Figura 27: Adaptador ESP8266-01

Como se puede ver en las figuras 26 y 27, este módulo está compuesto por dos placas, una de color negra y otra de color azul. Por un lado, la placa de color negro es el módulo ESP-01S, se trata de la placa que tiene la funcionalidad del Wifi. Esta dispone de una memoria flash de 1MB, tiene la antena ya incorporada, la alimentación es de 3 a 3.6V, la conexión Wifi es de 802.11 b/g/n, compatible con las redes de 2.4GH. Esta placa incluye un microcontrolador más potente que el que tiene Arduino, de hecho, se podría programar y utilizarlo de forma independiente. Pero lo que se pretende es que le proporcione conectividad Wifi a Arduino.

Por otro lado, para poder llevar a cabo la conexión del módulo Wifi con Arduino se va a utilizar la placa de color azul, se trata de un adaptador que realiza la función de conversor, ya que el ESP8266 funciona a 3.3V y no tiene entradas que toleren 5V, por tanto, se utiliza este adaptador para poder comunicarse con el microcontrolador Arduino que funciona a 5V. (PLAYBYTE, 2018).

5.4. Software

Por último, en este apartado se presentará y analizará el programa encargado de controlar la automatización completa de la jaula. Se explicará cual es el funcionamiento del programa y cómo afectará cada bloque de código al control final

Sistemas para la automatización.

En este apartado se van a detallar los sistemas de climatización, como los diferentes actuadores que lo controlan.

“Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía, en este caso eléctrica, en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre el elemento externo. El actuador recibe la orden del Arduino y en función a ella genera la orden para activar el elemento final de control.” (APRENDIENDO ARDUINO, 2016)

Se detallará el funcionamiento de los actuadores de temperatura y humedad, como así también el sistema de volteo de los huevos. Además, también se explicará como estará conectada la incubadora con la aplicación que se desarrollará e instalará en un smartphone para poder controlar en todo momento los valores proporcionados por los sensores.

5.4.1. Control de temperatura

Uno de los factores más importantes para tener en cuenta en el diseño y construcción de la jaula es el sistema de control de temperatura, ya que es el encargado de mantener el interior de la caja a una temperatura de unos 35°C. Se ha tratado de buscar un sistema con un consumo bajo, que no produzca mucho ruido y que sea económicamente asequible ya que no va a tratarse de una jaula de grandes tamaños y se usará principalmente en un domicilio particular. Para poder llevar a cabo este sistema se han debido tener en cuenta dos factores importantes,

el método que se va a utilizar para realizar el control de temperatura y el componente que se va a usar que este pueda controlar la temperatura.

5.4.2. Control ON/OFF con HYSTERESIS vs PID

Una de las partes más importantes de la elaboración de este proyecto, ha sido seleccionar la estrategia que se ha utilizado para realizar el control automático de la temperatura de la incubadora. A continuación, se detallarán las dos opciones que se han valorado, describiendo así las ventajas y desventajas de cada una, y por último se indicará cual ha sido la opción escogida y porqué. Por un lado, se valoró el control ON/OFF con histéresis, esta estrategia consiste en aplicar toda la acción posible cuando el valor obtenido por el sensor es menor que el valor objetivo, y no realizar ninguna acción cuando es mayor. Esta opción, llevado al proyecto de la incubadora sería un sistema fácil de implementar, ya que si el valor objetivo es de 35°C consistiría en accionar nuestro foco térmico al 100% si la temperatura baja de 35°C, y parar la resistencia si esta sube. Lo que provoca muchos encendidos del actuador, en este caso la resistencia, que podrá conllevar a una rotura de esta. La solución que se aplica para que no haya tantos encendidos del actuador, es definir un rango de valores aceptables o histéresis. Es decir, dar más tiempo al sistema definiendo un rango de temperatura más amplio para así reducir el número de encendidos. Pero esto también tiene cosas negativas, ya que siguiendo este método no se llega al valor objetivo, sino que se acepta alcanzar un valor de la temperatura aproximado. (LUIS LLAMAS, 2019)

Por ello, cuanto más amplio sea el rango, por ejemplo, se enciende a 36°C y se apaga a 38°C, habrá menos encendidos de la resistencia, pero aumentará el rango de oscilación del sistema, provocando así un nivel muy bajo de temperatura que puede llegar a ocasionar el mal

desarrollo de la larva. Por otro lado, la opción que se ha seleccionado para llevar a cabo el control de la temperatura ha sido la del uso de un control ON/OFF con HYSTERESIS.

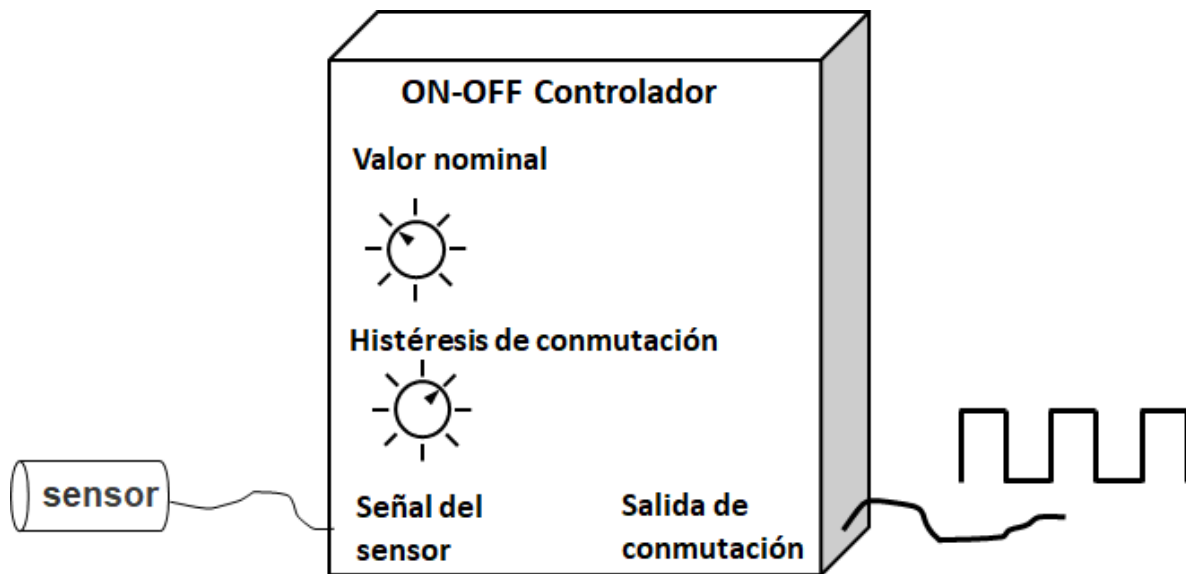


Figura 28: Control ON/OFF con histéresis

5.4.3. Cloud MQTT.

MQTT es el protocolo máquina a máquina del futuro. Es ideal para el mundo de "Internet de las cosas" de dispositivos conectados. Su diseño minimalista lo hace perfecto para sistemas incorporados, teléfonos móviles, y otras aplicaciones sensibles a la memoria y al ancho de banda.

5.4.3.1. Conceptos básicos de MQTT Incluido:

- Temas y coincidencia de comodines
- Corredores
- Cargas útiles
- Configurar una conexión
- Publicar y suscribir mensajes



Figura 29: Esquema MQTT

El protocolo MQTT mantiene la arquitectura de mensajería elegante y bajo mantenimiento. Siga leyendo para obtener más información sobre los beneficios de MQTT.

5.4.3.2. ¿Qué es un tema MQTT?

Piense en un tema MQTT como un sistema de colas organizado en una jerarquía similar a las carpetas y archivos de un sistema de almacenamiento. Los temas tienen nombres que se pueden separar en subtemas utilizando la barra diagonal como delimitador. La barra diagonal solo debe usarse cuando sea necesario, sin embargo, ya que crea un nuevo tema (Lovisa J., 2020). La siguiente figura ilustra cómo se vería una solución de IoT para el hogar, con los temas Hogar, Cocina, Nevera, Temperatura, etc.:

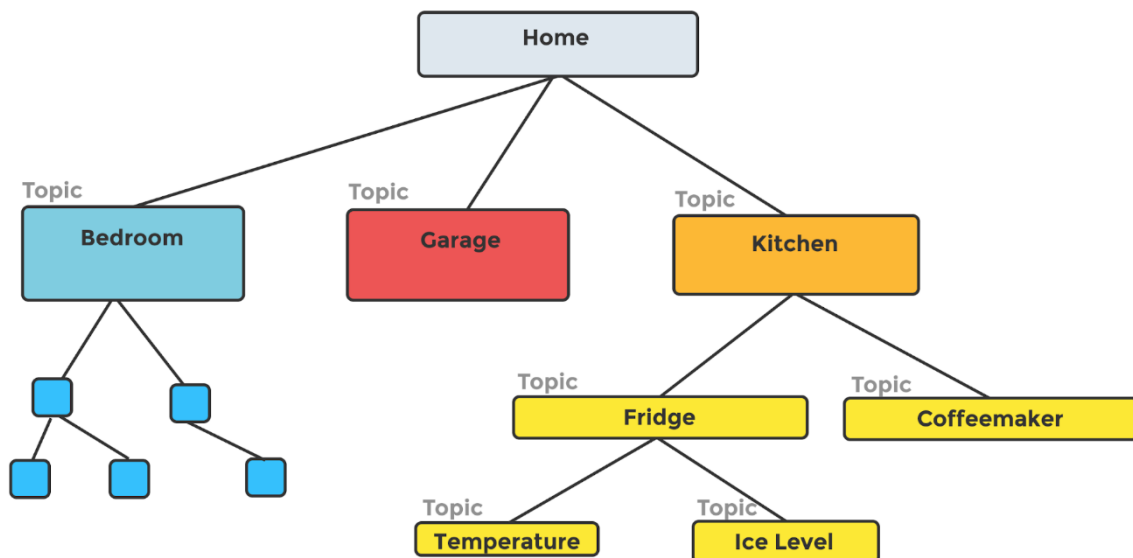


Figura 30: Solución de IoT para el hogar.

A diferencia de una cola de mensajes, no es necesario que los temas MQTT existan en el broker antes de la publicación. Utilizando la dirección proporcionada por el publisher, el intermediario divide un solo tema en más pequeño Subtemas. Los temas distinguen entre mayúsculas y minúsculas, por ejemplo, las direcciones Hogar/Cocina y hogar/cocina harían referencia a dos temas diferentes (Levisa j., 2020).

Otra operación MQTT a tener en cuenta es que los brokers no persisten mensajes a menos que se les diga explícitamente que lo hagan.

5.4.3.3. Coincidencia de caracteres comodín en MQTT

Es posible suscribirse a varias partes de la jerarquía de temas mediante la coincidencia de caracteres comodín.

Utilice el comodín # al final de la dirección para recibir mensajes de temas en todos los niveles posteriores del árbol. A modo de ejemplo, el, La dirección `my_topics/+/topic_level3/#` hace que un consumidor reciba mensajes enviados a `topic_level3`. Los suscriptores reciben mensajes solo cuando `topic_level3` es hijo de un tema directamente debajo de `my_topic`. Debido a la marca hash, la suscripción también recibe mensajes de todos los temas debajo de `topic_level3`.

El comodín + reemplaza un solo nivel de tema. Utilice el signo más en cualquier parte de la dirección.

5.4.3.4. Uso del broker CloudMQTT

CloudMQTT, basado en Eclipse Mosquitto, permite la creación y escalado de un sistema de mensajería MQTT con aflojar. Obtenga acceso a un corredor y administrador de temas sin la necesidad de Administrar hardware.

Usaremos CloudMQTT para explorar el protocolo MQTT. Puede utilizar cualquier idioma que desea conectar a su broker siempre que un cliente MQTT Existe.

5.4.3.5. ¿Cómo configuro un broker CloudMQTT?

Un agente de nube es una alternativa administrada automáticamente al uso de un sistema operativo como Ubuntu para instalar un broker MQTT. CloudMQTT funciona de forma similar a un agente MQTT de Azure IoT con administración simplificada y una interfaz de usuario intuitiva. Pague solo por lo que necesita y escale con solo hacer clic en un botón.

Configure el broker en el sitio web de CloudMQTT mediante:

- Elegir un plan
- Configuración del servidor
- Opcionalmente, configurar una alarma de uso
- Creación de un usuario
- Conexión al servidor

Puede configurar su servicio en minutos y luego conectarse a su nueva nube de IoT en AWS con cualquier lenguaje de programación elegido, como Arduino Blocks.

5.4.3.6. Elige tu plan

Inicie sesión en el sitio web de CloudMQTT y vaya a la página de instancias. Haga clic en el botón Crear una nueva instancia en la parte superior derecha de la página:

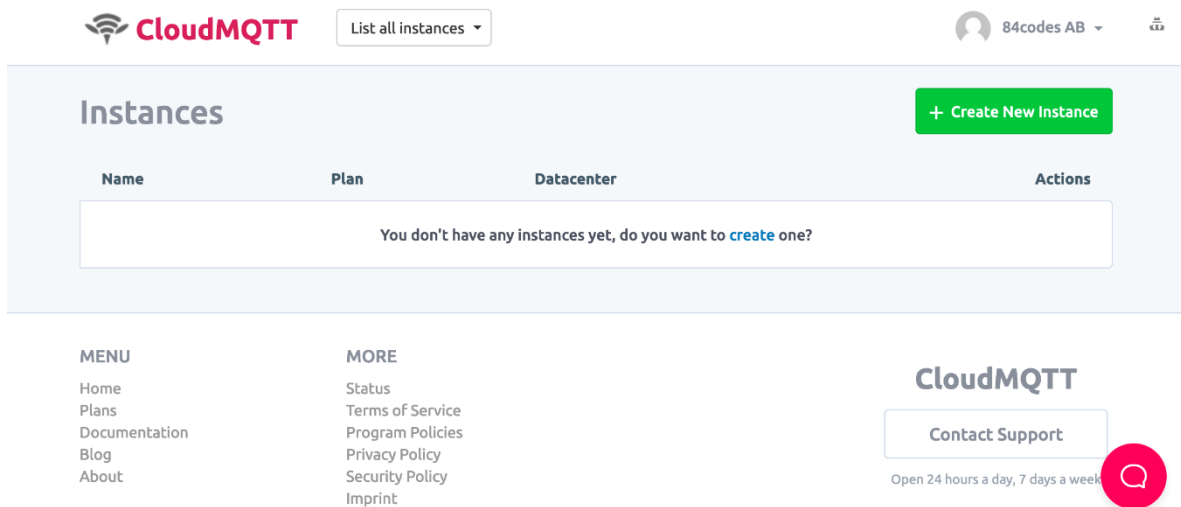


Figura 31: Página principal MQTT.

Asigne un nombre y elija su plan en la página siguiente. Agregar una etiqueta útil Para identificar a su corredor más adelante:

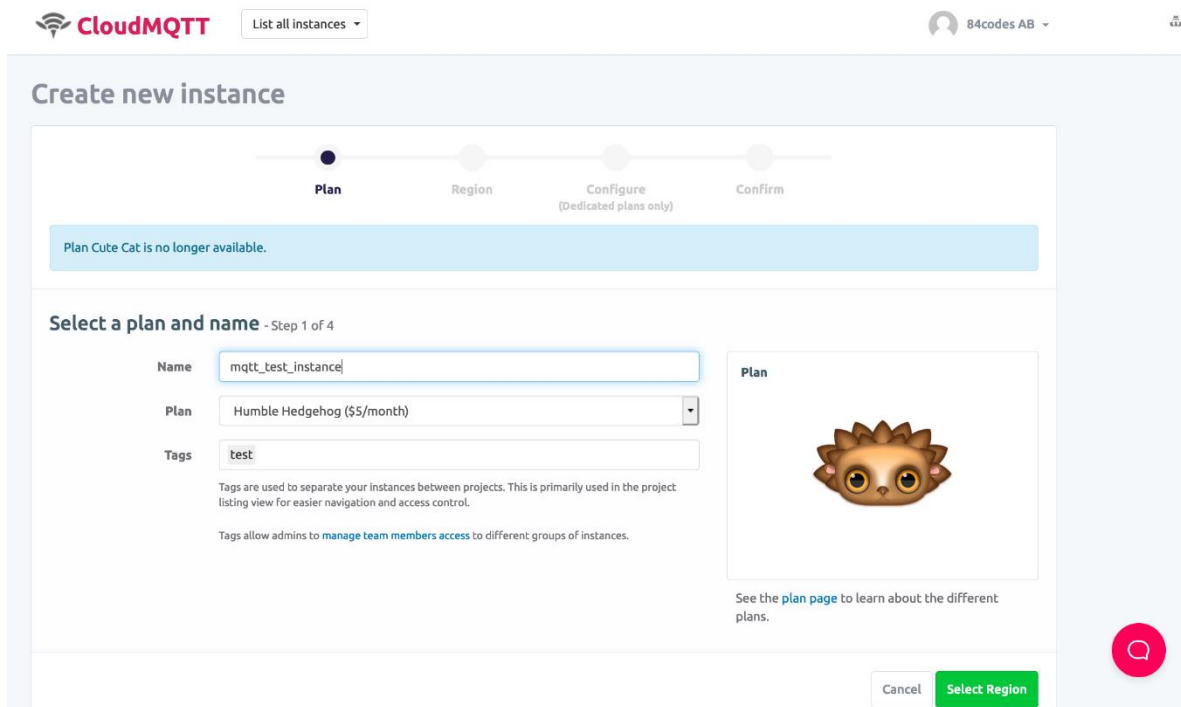


Figura 32: Suscripción a plan MQTT

Para nuestro caso nos suscribiremos al plan HUMBLE ya que pueden ingresar hasta 25 usuarios y tenemos 1TB de información en la nube.

Elegimos una región en AWS ubicada centralmente en sus dispositivos.

Elegimos US-East-1.

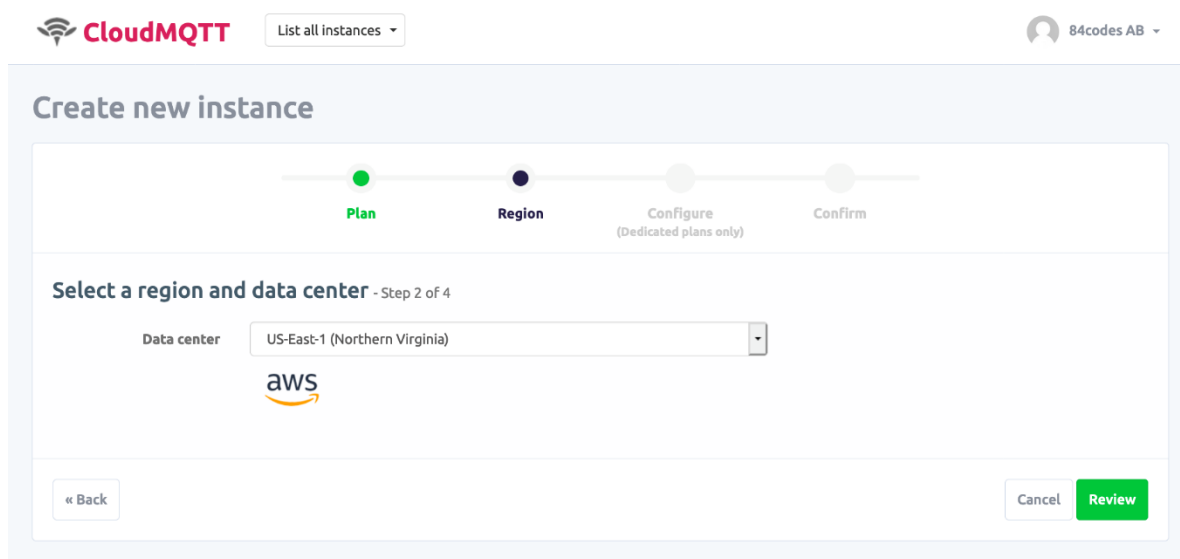


Figura 33: Elección de región

Ahora ya podemos utilizar nuestro CloudMQTT donde crearemos un usuario.

5.4.3.7. Crear un usuario

La creación de usuarios permite un acceso limitado a ciertos temas. Configure tantos usuarios como sea necesario en CloudMQTT desde la pestaña Usuarios y ACL.

Agregamos usuarios navegando a la página Usuarios y ACL desde el menú del intermediario.

Introducimos un nombre de usuario y una contraseña y damos clic en Agregar al cuadro A la derecha de la solicitud de contraseña:

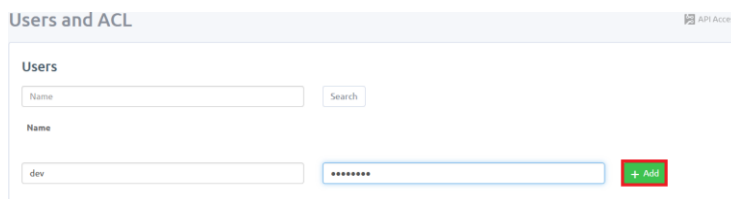


Figura 34: Usuarios y ACL.

Podemos establecer permisos de lectura y escritura para temas específicos en la sección ACL.

Espere varios minutos para que el sistema cree Nuevos usuarios y reglas.

6. Desarrollo

6.1.Funcionamiento.

Publicaremos un tema llamado temperatura, denominaremos la temperatura deseada y esta se guardará en el servidor, utilizando algún dispositivo (laptop, móvil, etc.) nos suscribiremos al tema temperatura, posteriormente detectaremos que el Arduino esta a la temperatura asignada.

Con el dispositivo conectado al servidor, en el apartado ordenes mandaremos una publicación en donde activaremos el encendido y apagado del relé.

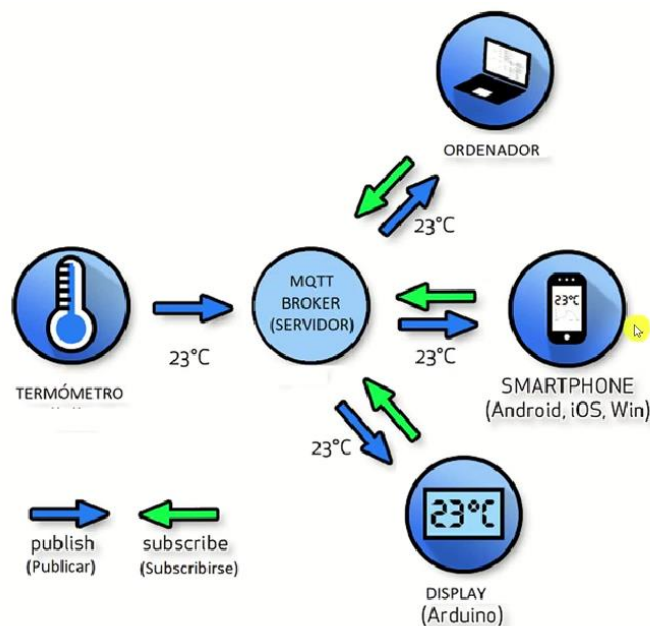


Figura 35: Mapa mental de conexión.

6.2. Conexión de pines.

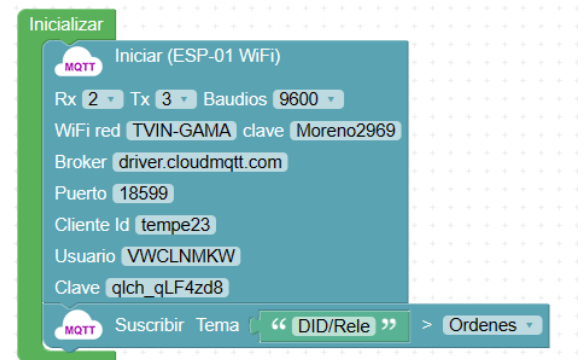
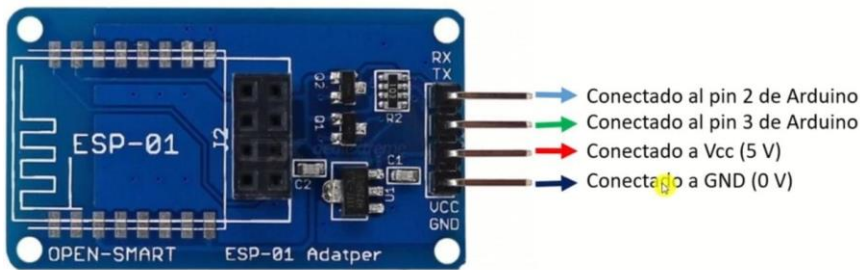


Figura 36: Conexión de pines.

1. El pin RX del adaptador lo conectamos al pin 2, lo configuramos en el bloque de inicialización de parámetros de AtduinoBlocks.
2. El segundo pin TX lo conectamos al puerto 3 del Arduino
3. El tercer pin a Vcc (5v)
4. El pin 4 conectado a GND (0v)

6.3. Código ArduinoBlocks.

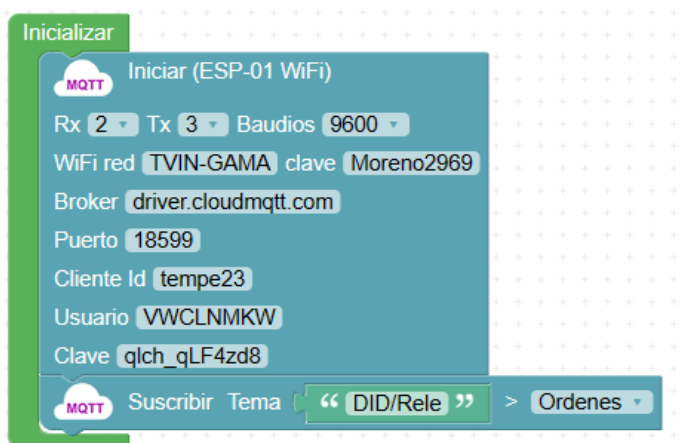


Figura 37: Bloque inicializar ArduinoBlocks.

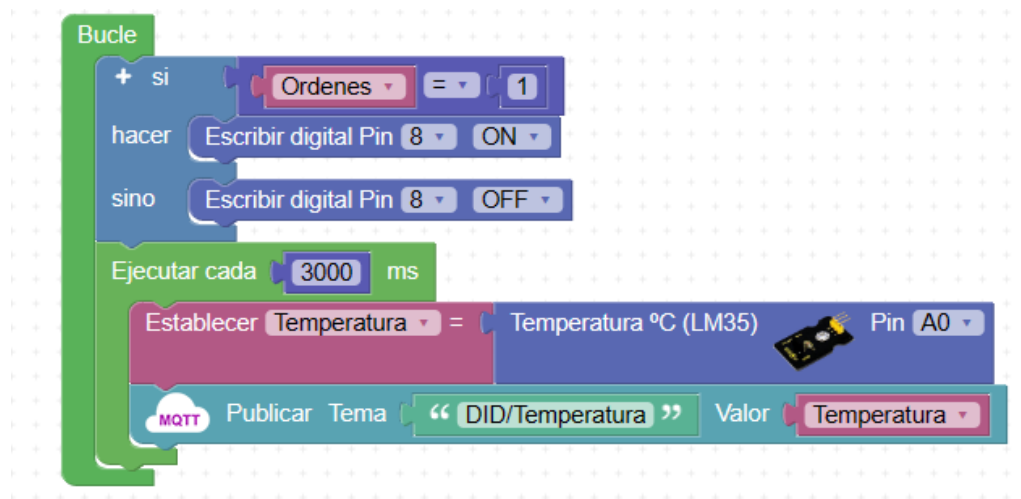


Figura 38: Bloque de bucle ArduinoBlocks.

6.3.1. Bloque de inicializar.



Figura 39: Bloque inicializar

La red WiFi y la clave son a las que nuestro dispositivo está conectado

Generamos un usuario y una clave desde el servidor MQTT, posteriormente recabaremos los datos anteriores.

6.3.2. Bloque de suscripción.

Este apartado cuenta con los temas en los que Arduino se puede suscribir, para leer los datos y guardarlos en ordenes, en este caso generamos el tema “DID/Rele”, aquí guardara los datos que lea en la variable ordenes los cuales se enviaran al bloque bucle.

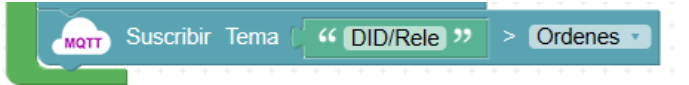


Figura 40: Bloque de suscripción.

6.3.3. Bloque bucle.

Tenemos el apartado del núcleo que se está repitiendo constantemente, ponemos la primera condición “si” para que si el dato que recibimos “ordenes” es igual a 1 entonces pondremos el pin 8 activo “ON”.

Si “ordenes” no es igual a 1, entonces mantenemos el pin 8 desactivado “OFF”

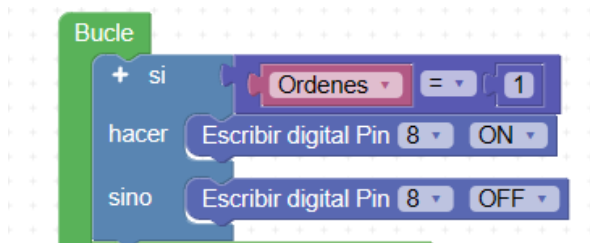


Figura 41: Bloque de bucle.

6.3.4. Bloque ejecutar

No podemos publicar constantemente decenas de veces por segundo ya que saturamos el servidor, posteriormente lo que hacemos es generar el bloque ejecutar cada y en nuestro caso pondremos una vez cada 3 segundos.

El valor establecido en “temperatura” lo leeremos en el pin A0, y se guardará en el ordenador temperatura.

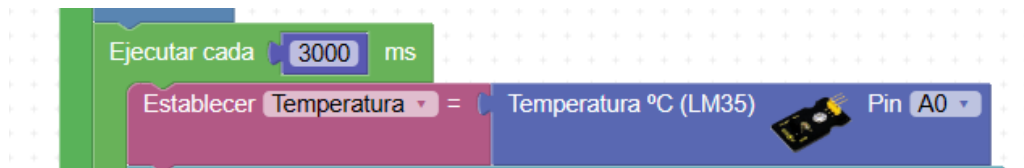


Figura 42: Bloque ejecutar.

6.3.5. Bloque publicar.

Aquí publicaremos el tema de los datos que se están leyendo, en este caso generamos el tema DID/Temperatura y la variable Temperatura que es la que se publicará en el servidor MQTT.

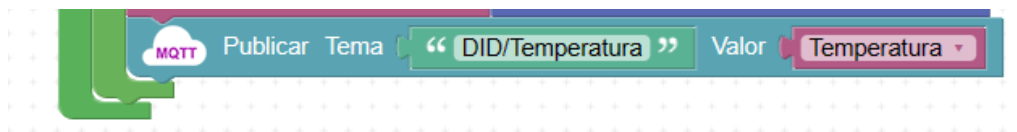


Figura 43: Bloque publicar.

7. Interfaz Cloud MQTT

MQTT es un protocolo de mensajería ligero de publicación/suscripción/diseñado para telemetría M2M (máquina a máquina).

MQTT significa MQ Telemetry Transport, pero anteriormente se conocía como Message Queuing Telemetry Transport. MQTT se está convirtiendo rápidamente en uno de los principales protocolos para despliegues de IOT (Internet de las cosas).

Es un interesante protocolo que se puede usar con nuestros Arduino Y ESP para comunicarse con nuestro sensor de temperatura y humedad.

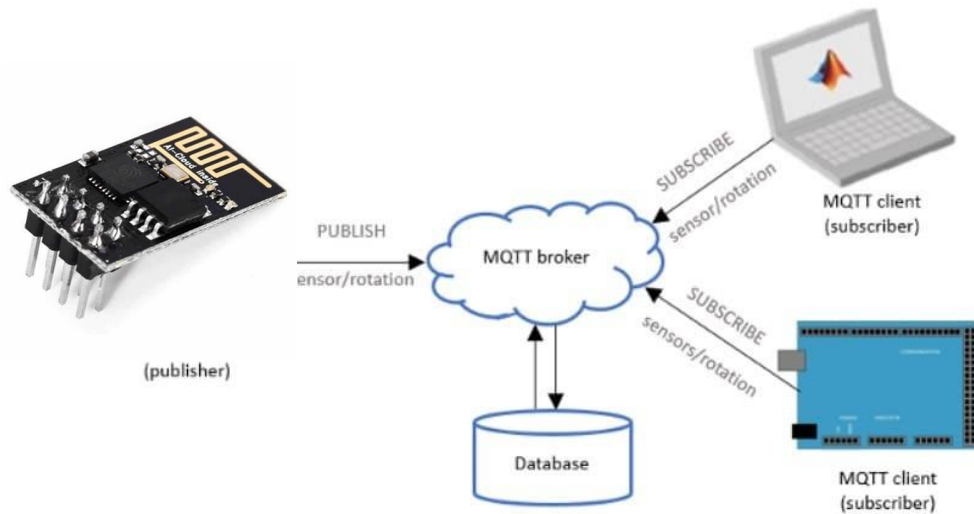


Figura 44: Mapa mental de la conexión de Cloud y ESP.

7.1.Elaboración de instancia.

Como primer paso elaboramos un usuario y contraseña, posteriormente, creamos una nueva instancia.

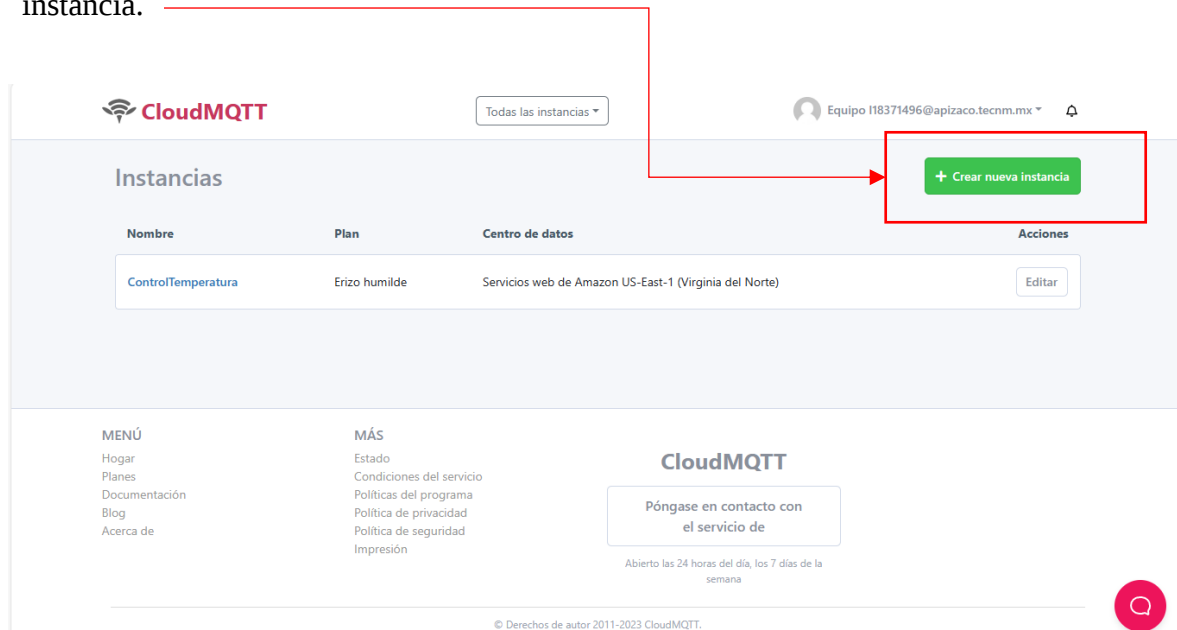


Figura 45: Creación de instancia.

7.2. Visualización de datos.

Después de creada nuestra instancia podremos ver los detalles de los datos para generar nuestra comunicación con Arduino Blocks.



Figura 46: Visualización de datos.

7.3. Asignación de datos.

- En la línea roja pondremos el bróker, el broker es el servidor que distribuye la información a los clientes interesados conectados al servidor, esta ira cambiando, dependiendo con la instancia que se tenga.
- En la línea amarilla colocaremos el puerto, en este caso es 18599 para la comunicación no cifrada.
- En la línea morada colocaremos el usuario.
- En la línea verde colocaremos la contraseña proporciona por nuestro Cloud.

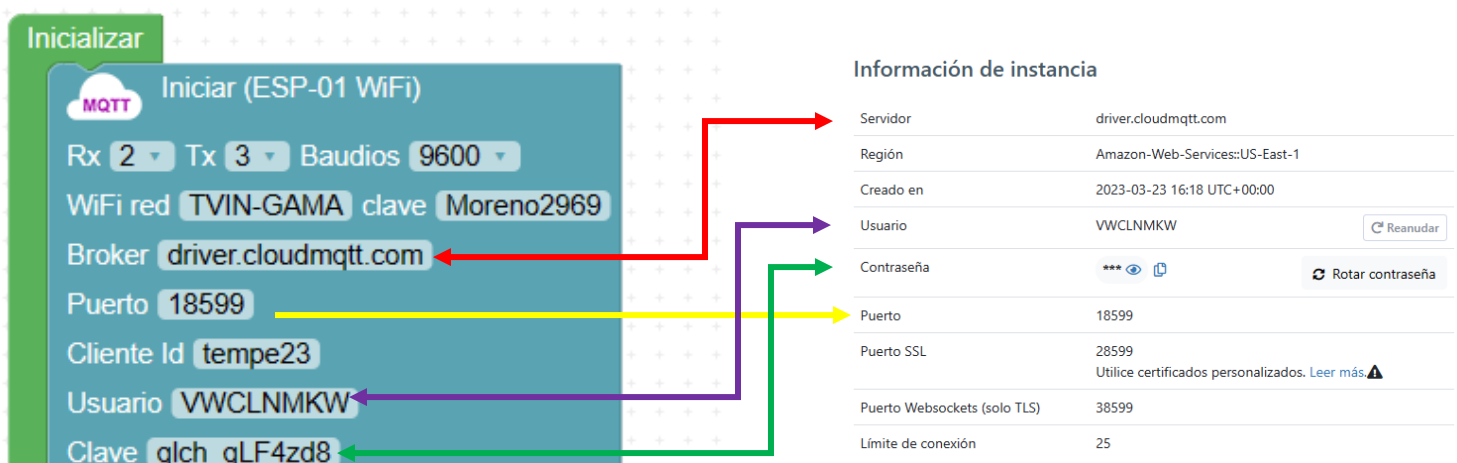


Figura 47: Asignación de datos.

7.4. Configuración del tema “topic”

El topic es, el nombre del mensaje. Los clientes publican, se suscriben o hacen ambas cosas a un tema.

Es importante su configuración ya que es quien nos ayudara a establecer la comunicación con el servidor.

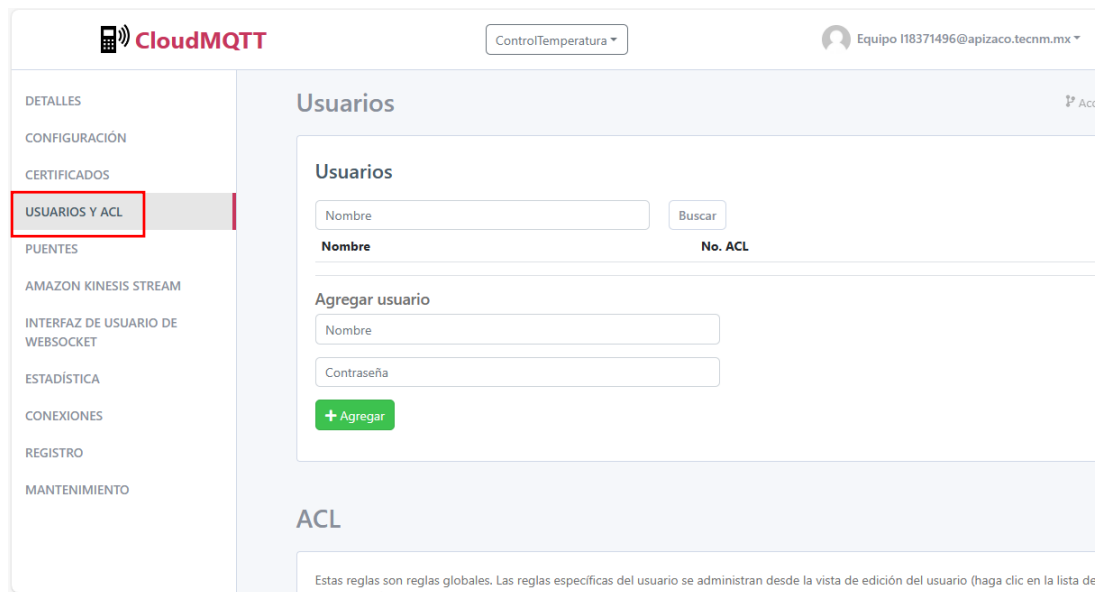


Figura 48: Usuarios y ACL

Nos dirigimos al apartado de usuarios y ACL (Figura 42), una de las ventajas de trabajar con MQTT es que te permite trabajar con múltiples usuarios y múltiples conexiones, nos ofrece la posibilidad de una estructura organizada; donde crearemos un usuario, y dentro de este crear temas que pertenezcan solo a ese usuario.

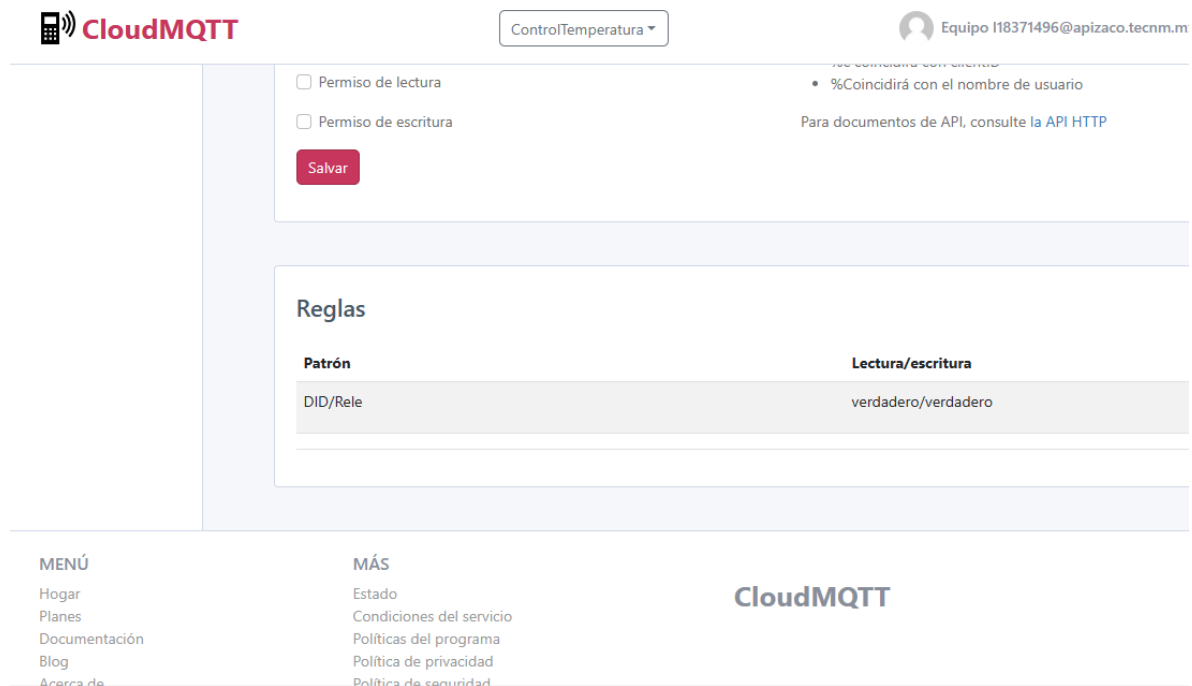


Figura 49: Configuración de topic.

7.5. Configuración de nuestra placa.

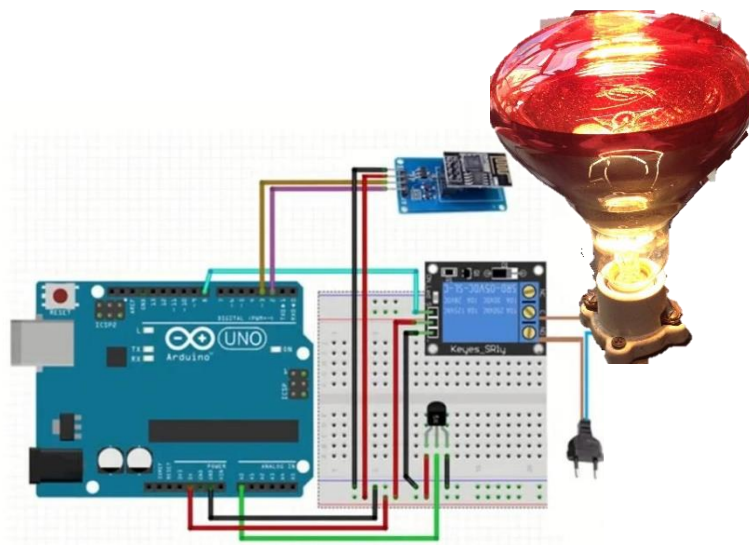


Figura 50: Conexión de Arduino y ESP con foco

Tabla 8: Lista de materiales

Modulo WIFI ESP8266
Adaptador para ESP8266
Sensor LM35
Arduino UNO
Relevador
Cable
Foco térmico
Servidor online MQTT DASHBOARD
Servidor Arduino Blocks

7.5.1. Conexión.

7.5.1.1.ESP.

Se alimenta a 3.3V, por lo tanto, la comunicación con Arduino debe ser a 3.3V.

Vamos a utilizar un adaptador para conectar nuestra ESP, esto para evitar cualquier problema que nos pueda ocasionar la tarjeta de Arduino al realizar la conexión.



Figura 52: Adaptador ESP

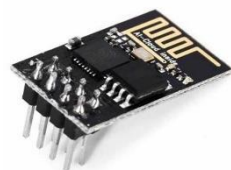


Figura 51: ESP

7.5.2. Comunicación de ESP con Arduino.

La comunicación con Arduino la vamos a hacer por el puerto serie (comunicación serial).

Configuraremos los pines 2 y 3 para realizar esta comunicación. De esta forma, dejamos libres los pines 0 y 1 de Arduino para su comunicación con nuestro ordenador.

Como nota debemos tener cuidado con la velocidad de transmisión que suele venir por defecto a 115200B y nuestros pines solo admiten 9600B

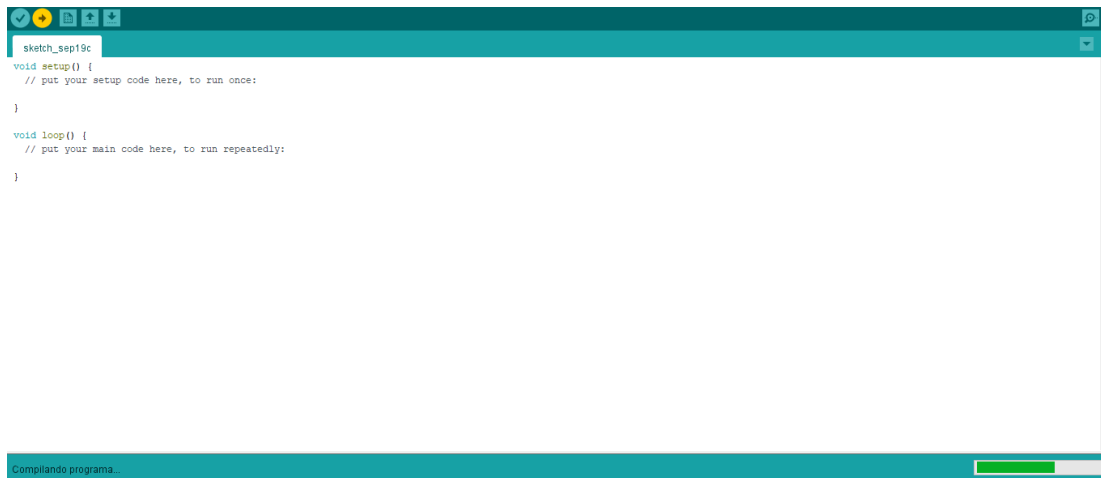


Figura 53: Compilación programa

Subiremos un programa en blanco a nuestra placa de Arduino, para establecer la comunicación de este con nuestra ESP.



Figura 54: Programa en blanco Arduino

Abrimos nuestro monitor serie donde ya nos estará apareciendo un mensaje con diferentes símbolos, esto se debe a que nuestra tarjeta ESP está trabajando a 11500B, lo que aremos es configurarla a 9600B para establecer la conexión.

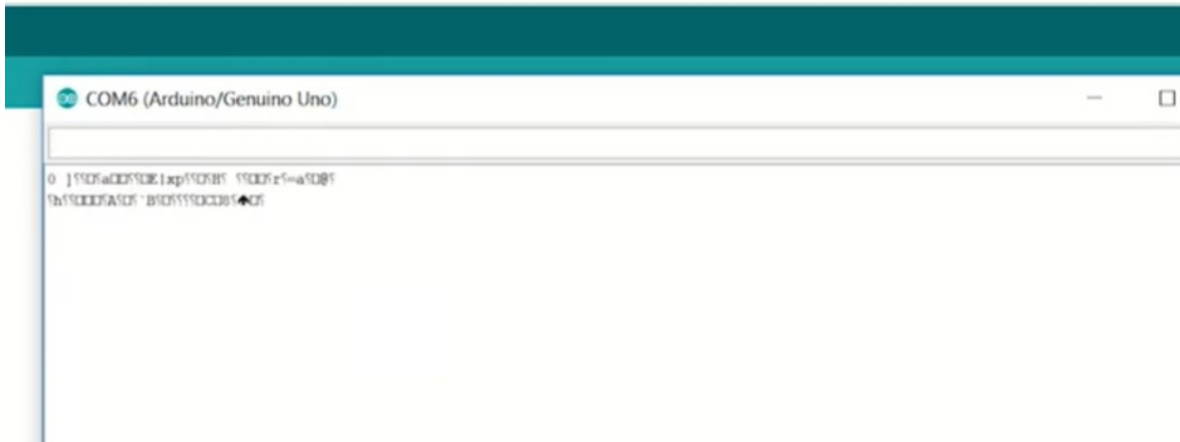


Figura 55: Monitor serie

Escribiremos el mensaje AT para revisar si nuestra ESP ya está trabajando, para configurar nuestra ESP a 9600B escribiremos el código AT+UART_DEF=9600,8,1,0,0.

Una vez establecida la comunicación procedemos a realizar la conectividad de nuestra tarjeta según nuestro diagrama.

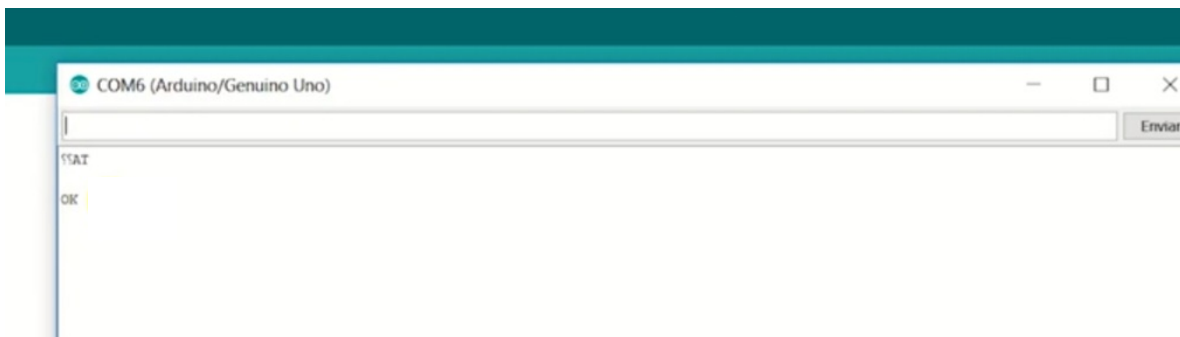


Figura 56: Prueba de funcionamiento de ESP

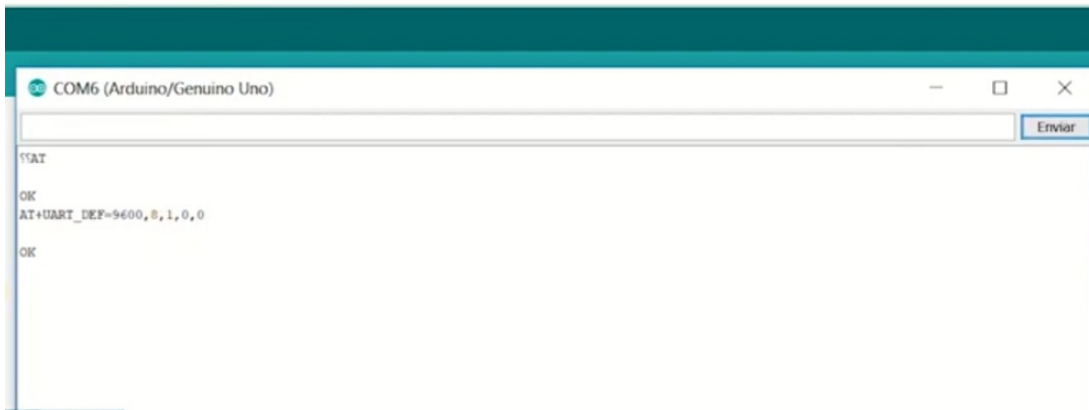


Figura 57: Configuración de comunicación.

8. Pruebas de conexión.

Entramos a nuestro servidor y podemos notar que ya nos está enviando valores de temperatura sin necesidad de suscribirnos a nuestro tema.

Topic	Message
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	23.93
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41

Figura 58: Interfaz de usuario

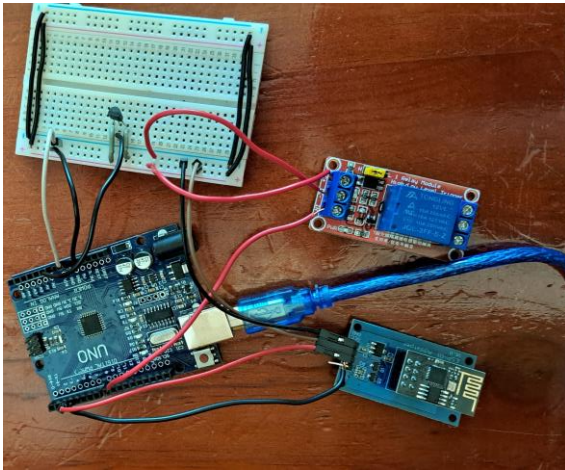


Figura 59: Conexión Arduino y ESP

Para enviar nuestras ordenes nos vamos a suscribir al tema “DID/Rele”, el cual ya configuramos anteriormente en el apartado de mensajes escribiremos el número 1, ya que este, nos activa el relé y notamos que aparece en nuestro apartado de mensajes, pasamos a nuestro relé y notamos que enciende su led ya que recibió la orden.

Enviar mensaje

Tema

DID/Rele

Mensaje

1

Enviar

Received messages

Topic	Message
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	23.93
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	23.93
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	23.93
DID/Rele	1

Figura 60: Prueba de conexión.

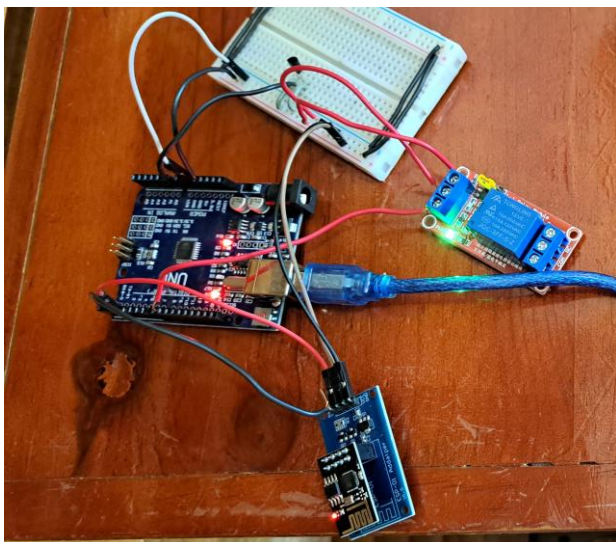


Figura 61: Prueba de conexión led encendido

Ahora para apagar nuestro led, nos volvemos a suscribir a nuestro Topic “DID/Rele” y enviamos un 0, podemos notar que nuestro led se apaga.

Enviar mensaje

Tema

DID/Rele

Mensaje

0

Enviar

DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	23.93
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	23.93
DID/Rele	1
DID/Temperatura	23.93
DID/Temperatura	23.93
DID/Temperatura	23.93
DID/Temperatura	23.93
DID/Rele	0
DID/Temperatura	23.93
DID/Temperatura	24.41
DID/Temperatura	23.93

Figura 62: Prueba de conexión

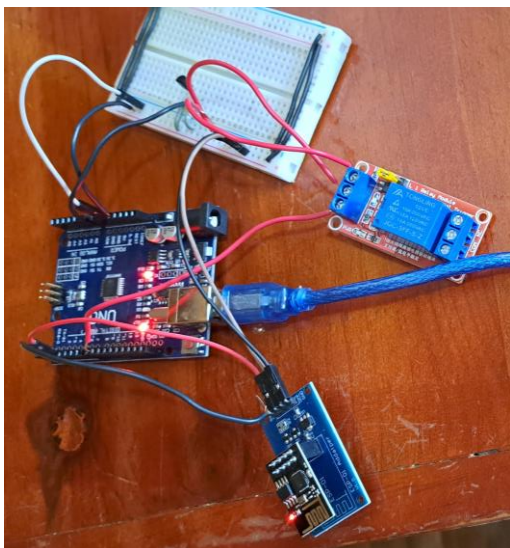


Figura 63: Prueba de conexión led apagado

9. Prueba de conexión con foco térmico.

Realizamos la conexión con los puertos de nuestro relé, donde conectaremos uno nuestro puerto normalmente abierto (NA) a nuestro foco, nuestro puerto común (COM) a nuestra clavija como se muestra en la figura 64.

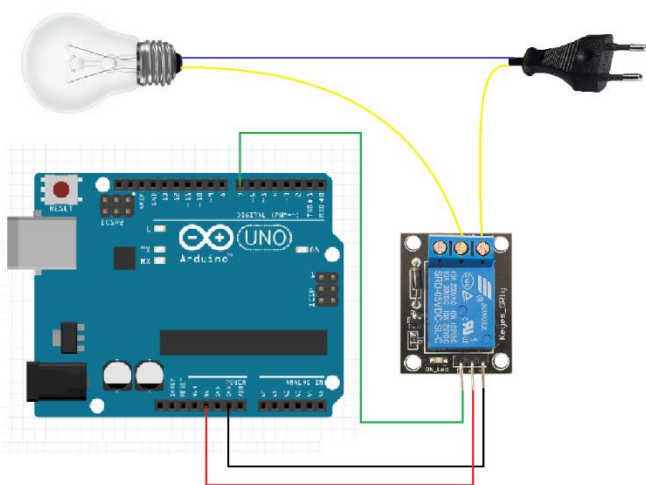


Figura 64: Conexión de relé

Antes de realizar la conexión de nuestro foco, hacemos una prueba para verificar que funcione correctamente como se muestra en la figura 65.



Figura 65: Foco térmico encendido.

Realizamos la conexión de nuestro foco a nuestro relé y Arduino.

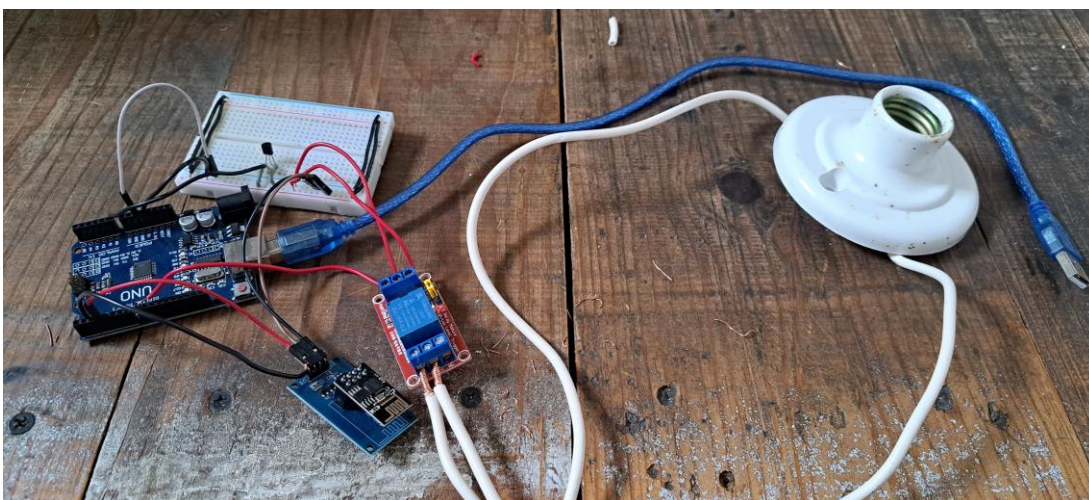


Figura 66: Conexión de foco con relé.

9.1. Encendido y apagado desde nuestra interfaz MQTT.

Una vez conectado nuestro foco al Arduino pasamos a realizar las pruebas de conexión con nuestra interfaz MQTT.



Figura 67: Prueba de conexión circuito.

Podemos notar que al realizar la conexión con nuestro microcontrolador nuestro foco esta apagado esto se debe a que no hemos enviado la señal para encenderlo, ya que está conectado a nuestro PIN NA del relé por lo que no está pasando energía para poder encenderlo.

Posteriormente entraremos a nuestra interfaz para realizar el encendido del foco, en donde enviaremos una señal analógica para encenderlo.

Mensajes recibidos

Tema	Mensaje	Banderas
DID/Rele	1	P0

Figura 68: Interfaz MQTT

Nos suscribimos a nuestro tema DID/Rele y enviamos un 1, ya que como se explico anteriormente en el código, cuando reciba la señal de 1 este se encenderá, si recibe una señal

diferente de 1 este se apagará, posteriormente nuestra interfaz mandara nuestra señal al pin A0 de nuestro Arduino y este enviara la señal al relé el cual encenderá nuestro foco.

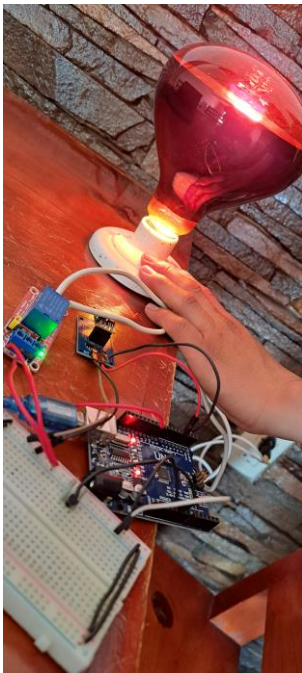


Figura 69: Foco térmico encendido.

Para apagar nuestro foco desde la interfaz es el mismo proceso, primeramente, nos suscribimos a nuestro tema DID/Rele donde enviaremos nuestra señal analógica de 0, que como ya explicamos al ser diferente de 1 esta apagara nuestro foco.

Mensajes recibidos			▼
Tema	Mensaje	Banderas	
DID/Rele	0	P0	

Figura 70: Interfaz MQTT.



Figura 71: Foco térmico apagado.

10. Conclusiones.

Este proyecto se puede decir que ha cumplido con los dos objetivos principales que se describieron al principio de este proyecto. El primer objetivo era el de diseñar una jaula para la cría y reproducción de mosca domestica eficaz y sencilla de implementar. Como se ha ido detallando a lo largo del proyecto, esta jaula cumple con los requisitos y especificaciones iguales o superiores a las jaulas que se encuentran en el mercado. Como puede ser el control a través de la aplicación MQTT. El otro objetivo para cumplir era el de llevar a cabo la construcción de la jaula, pero con un presupuesto inferior. Tomando como referencia el apartado anterior se puede afirmar que este objetivo se ha alcanzado y de forma muy positiva. Por estas razones este proyecto demuestra que es viable la construcción de una jaula con las características, funcionalidades y precisión que necesita para llegar a nuestro objetivo que es criar y reproducir larva de mosca en un ambiente controlado. y sin olvidar el costo reducido. Gracias a estos resultados podemos concluir que la automatización se ha convertido en una herramienta de primera estancia en distintos ramos industriales gracias a su practicidad en diferentes procesos, ya que, genera eficacia y precisión para la producción lo que nos lleva a reducir el tiempo de elaboración algo suma importancia, pues las empresas compiten a diario con el tema de “tiempos y movimientos” ya que, esto es lo que garantiza el éxito o fracaso en su producción diaria.

11. Referencias.

- [1] Veldkamp T, Duinkerken G, van Huis A, Iakemond C, Ottevanger E, Bosch G, et al. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets a feasibility study. Wageningen. Journal of Insects as Food and Feed. 2012.
- [2] Miller F, Teotia J, Thatcher T. Digestion of poultry manure by *Musca domestica*. British Poultry Science. 1974.
- [3] Pastor B, Velasquez Y, Gobbi P, Rojo S. Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. Journal of Insects as Food and Feed.
- [4] Zhang, H., Hamilton, D.W., Britton. J.G. 2004. Using poultry litter as fertilizer. Oklahoma Cooperative Extension. 4p.
- [5] Estrada M. 2005. Manejo y procesamiento de la gallinaza. Facultad de Ciencias y Agropecuarias de la Corporación Universitaria Lasallista. 6p.
- [6] SEDATU., Victor V. Villalobos, 2015. Pollos, gallinas y la avicultura en México. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Gobierno de México.
- [7] Experto Avicultor. 25 de mayo 2022. Avicultura Mexicana: Conoce su Importancia par el País. Unión Nacional de Avicultores (UNA)
- [8] MA. Teresa R. Jarero., octubre 21, 2013. Importancia de la Avicultura Productora de Huevo. FIRA, Tepatitlan Jalisco.
- [9] Ortiz, N. Segovia, M. Morazán, F. 2010. Uso de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en estado fresco, como complemento proteico en la alimentación de pollos de engorde, a diferentes porcentajes en la ración en el municipio y departamento de San Vicente, El Salvador, C.A. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador.

[10] Bencomo, A. 2010. Manejo Eficiente de Gallinas de Patio. Managua. Nicaragua. Pág. 9-12. Disponible en:

<http://www.fao.org/3/a-as541s.pdf>.

[11] Melara, J. Najarro, M. Peñate, a. 2010. Diseño de un plan de negocios para la creación de una granja avícola de la especie gallina india autosostenible en la asociación cooperativa zapotepeque de R.L caserio Milagro de la roca cantón primavera municipio de Quezaltepeque departamento de La Libertad. Tesis Licenciado en Administración de empresas. El Salvador. Universidad de El Salvador.

[13] Secretaría de agricultura y desarrollo rural, Victor V. Octubre 28, 2021. Sector avícola, estratégico en las metas de autosuficiencia alimentaria en el país: Agricultura. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Gobierno de México.

[14] Villanueva, C. Oliva, A. Torres, A. Rosales, M. Moscoso, C. Gonzales, E. 2015. Manual de producción y manejo de aves de patio. En línea. Disponible en:

https://inta.gob.ar/sites/default/files/12_-_boletin_mosca_domestica_web.pdf.

[15] Avendaño, N. Quijano, N. Sánchez, S. 2008 Caracterización de la avicultura rural en comunidades de los departamentos de Chalatenango, Usulután y Sonsonate de El Salvador. Tesis Médico Veterinario y Zootecnista. El Salvador. Universidad de El Salvador.

[16] Barroeta, A. Izquierdo, D. Pérez, J. Manual de Avicultura. Disponible en:

https://www.uclm.es/profesorado/produccionanimal/ProduccionAnimalIII/GUIA%20AVICULTURA_castella.pdf.

[17] Barahona, J. Aguilar, I. Amaya, L. 2007. Evaluar tres fuentes proteicas en una ración artesanal para el engorde de pollo criollo en el municipio de Santa Clara, San Vicente. Tesis Ingeniero Agrónomo. El Salvador. Universidad de El Salvador.

[18] Cuca, M. 1963. Técnica pecuaria. Disponible en:

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2049/3440>.

[19] Engormix. 2016 (V Congreso Internacional de Producción animal tropical, 2015, Habana, Cuba). Disponible en:

<https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/los-insectos-como-fuentes-t33131.htm>.

[20] Flores, G. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura), SAG (Servicio Agrícola y Ganadero), AECI (Agencia Española de Cooperación Internacional), PESA (Proyecto estratégico de Seguridad Alimentaria). 2005, con concentrados caseros mejorar la alimentación de sus aves y aumente su producción. Consultado el 30 de julio de 2016. Disponible en:

<http://es.slideshare.net/armandoguelfi/alimento-artesanal-para-aves>.

[21] Santomá, G. 1994. Programas de alimentación en broilers y pollo alternativo. Madrid. Disponible en:

http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Alimentaci%C3%B3n_Pollos_de_engorde.pdf.

[22] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura); SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México). 2007. Producción y manejo de aves de traspatio. México. Disponible en:

http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/AsistenciaCapacitacion/Documents/red%20del%20conocimiento/manuales%20pesa/manejo_aves.pdf.

[23] Villacide, C. Masciocchi, M. 2016. Serie de divulgación sobre insectos de importancia ecológica, economía y sanitaria. Disponible en:

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/12 - boletin_mosca_domestica_web.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/12_-_boletin_mosca_domestica_web.pdf).

[24] Hernández, R. 2016. Biología e importancia de las moscas en la producción porcina.

Disponible en:

https://www.3tres3.com/articulos/biologia-e-importancia-de-las-moscas-en-la-produccion-porcina_36558/.

[25] Entomo solution. Insectos en alimentación animal: larva de mosca domestica común.

Mayo 2016. Disponible en:

<https://insectsrevolution.wordpress.com/2016/05/02/insectos-en-alimentacion-animal-larva-de-mosca-domestica-comun>.

[26] Lazo, G. Zavala, M. Baires, R. 2010. Uso de larva de mosca domestica (*Musca domestica* L.) en diferentes porcentajes, como suplemento en la alimentación de codorniz (*Coturnix coturnix* japónica) n fase de engorde. Tesis Ingeniero Agrónomo. El Salvador. Universidad de El Salvador.

[27] Guerrero, M. Amaya, L. Becerril y García T. 2007. Uso de larvas alimentadas con carne de res cultivadas en abono equino en diferentes dosis y un alimento comercial utilizado en Gallus. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

[28] Instituto Colombiano agropecuario. (ICA). 1999. Alimentos para animales: parámetros microbiológicos. Bogotá. Disponible en:

<http://ri.ues.edu.sv/5970/1/13101556.pdf>.

[29] Gian Carlo M. Enero 24, 2018. La mosca soldado-negra (*hermetia illucens*) en avicultura, Una realidad que trasciende. Engormix. Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda# Venezuela.

- [30] Agronutris., International Aquafeed. Julio 27, 2020. Harina de mosca soldado-negra: Una fuente de proteína altamente digerible para alimentos acuícolas. Francia.
- [31] Lisa Jackson. Mayo 15, 2023. Los productores de harina de larvas de mosca soldado-negra se vuelven innovadores y colaborativos. Global Seafood Alliance.
- [32] ARELUX. (s.f.). 2014. Disponible en: <https://arelux.com/articulos/rollo-aislante-termico/>.
- [33] INFOOTEC. (2018). Disponible en <https://www.infootec.net/arduino/>.
- [34] ARDUINO. (2019). Disponible en: <https://www.arduino.cc/>.
- [35] PLAYBYTE. (12 de Junio de 2018). Disponible en: <http://www.playbyte.es/electronica/arduino/esp-01s-modulo-wifi-basado-en-esp8266>.
- [36] APRENDIENDO ARDUINO. (13 de Noviembre de 2016). Disponible en: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/13/arduino-watchdog/>.
- [37] LUIS LLAMAS. (5 de Marzo de 2019). Obtenido de <https://www.luisllamas.es/control-todo-o-nada-con-histeresis-en-arduino>.
- [38] Lovisa Johanson. Juni 26, 2020. La guía para principiantes de MQTT: ¿Qué es MQTT? NubeMQTT.
- [39] Sánchez-Arroyo H, Capinera JL. House fly, *Musca domestica* Linnaeus. Featured Creatures, University of Florida. 2017. Disponible en: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/flies/house_fly. HTM. Accessed Nov 29, 2018.
- [40] Axtell RC, Arends JJ. Ecology and management of arthropod pests of poultry. *Annu Rev Entomol*. 1990. 35:101-26.

[41] Acharya N. House fly (*Musca domestica* L.) management in poultry production using fungal biopesticides. Doctoral Thesis, The Pennsylvania State University. 2015. Disponible en:

https://etda.libraries.psu.edu/files/final_submissions/10904. Accessed Jan 08, 2019.

12. Anexos.

```
CLOUD

#include <SoftwareSerial.h>
#include "ABlocksIOTMQTTESP8266.h"

double Ordenes;
double Temperatura;
const char mqtt_broker[]="driver.cloudmqtt.com";
const int mqtt_port=18599;
const char mqtt_user[]="VWCLNMEKW";
const char mqtt_pass[]="qlch_qLF4zd8";
const char mqtt_clientid[]="tempe23";
const char mqtt_wifi_ssid[]="TP-Link_E7AE";
const char mqtt_wifi_pass[]="51876883";
SoftwareSerial mqtt_esp8266_serial(3,2);
ESP8266 mqtt_esp8266_wifi(&mqtt_esp8266_serial);
char mqtt_payload[64];
unsigned long task_time_ms=0;

double mqtt_payload2double(unsigned char *_payload, int _length){
    int i;
    for (i = 0; i<_length && i<64; i++){
        mqtt_payload[i] = _payload[i];
    }
    mqtt_payload[i] = 0;
    return atof(mqtt_payload);
}

String mqtt_payload2string(unsigned char *_payload, int _length){
    int i;
    for (i = 0; i<_length && i<64; i++){
        mqtt_payload[i] = _payload[i];
    }
    mqtt_payload[i] = 0;
    return String(mqtt_payload);
}

void mqtt_callback(char* _topic, unsigned char* _payload, unsigned int _payloadlength){
    double v=mqtt_payload2double(_payload,_payloadlength);
    String vt=mqtt_payload2string(_payload,_payloadlength);
    if(String(_topic)==String("DID/Rele"))Ordenes=v;
}

void mqtt_subscribe(){
    ABlocksIOT.Subscribe(String("DID/Rele"));
}

void setup()
{
    pinMode(8, OUTPUT);
    pinMode(A0, INPUT);

    mqtt_esp8266_serial.begin(9600);
    ABlocksIOT.begin(mqtt_broker,mqtt_port, mqtt_user,mqtt_pass, mqtt_clientid, mqtt_esp8266_wifi, mqtt_wifi_ssid, mqtt_wifi_pass, mqtt_callback, mqtt_subscribe);
}

void loop()
{
    mqtt_esp8266_serial.listen(); ABlocksIOT.loop();
    if ((Ordenes == 1)) {
        digitalWrite(8, HIGH);
    }
    else {
        digitalWrite(8, LOW);
    }

    if((millis()-task_time_ms)>=3000){
        task_time_ms=millis();
        Temperatura = (((analogRead(A0)/1023.0)*(5.0*1000.0))/10.0);
        mqtt_esp8266_serial.listen(); ABlocksIOT.Publish(String("DID/Temperatura"), String(Temperatura));
    }
}
```

Figura 72: Código generado por Arduino Blocks

12.1. Código Fuente

```
#include <SoftwareSerial.h>

#include "ABlocksIOTMQTTESP8266.h"

double Ordenes;

double Temperatura;

const char mqtt_broker[]="driver.cloudmqtt.com";

const int mqtt_port=18599;

const char mqtt_user[]="VWCLNMKW";

const char mqtt_pass[]="qlch_qLF4zd8";

const char mqtt_clientid[]="tempe23";

const char mqtt_wifi_ssid[]="TP-Link_E7AE";

const char mqtt_wifi_pass[]="51876883";

SoftwareSerial mqtt_esp8266_serial(3,2);

ESP8266 mqtt_esp8266_wifi(&mqtt_esp8266_serial);

char mqtt_payload[64];

unsigned long task_time_ms=0;

double mqtt_payload2double(unsigned char *_payload, int _length){

int i;

for (i = 0; i<_length && i<64; i++){

    mqtt_payload[i] = _payload[i];

}

mqtt_payload[i] = 0;
```

```

return atof(mqtt_payload);

}

String mqtt_payload2string(unsigned char *_payload, int _length){
int i;
for (i = 0; i<_length && i<64; i++){
    mqtt_payload[i] = _payload[i];
}
mqtt_payload[i] = 0;
return String(mqtt_payload);
}

void mqtt_callback(char* _topic, unsigned char* _payload, unsigned int _payloadlength){
double v=mqtt_payload2double(_payload,_payloadlength);
String vt=mqtt_payload2string(_payload,_payloadlength);
if(String(_topic)==String("DID/Rele"))Ordenes=v;
}

void mqtt_subscribe(){
ABlocksIOT.Subscribe(String("DID/Rele"));
}

void setup()
{
    pinMode(8, OUTPUT);

    pinMode(A0, INPUT);

```

```

mqtt_esp8266_serial.begin(9600);

ABlocksIOT.begin(mqtt_broker,mqtt_port,      mqtt_user,mqtt_pass,      mqtt_clientid,
mqtt_esp8266_wifi, mqtt_wifi_ssid, mqtt_wifi_pass, mqtt_callback, mqtt_subscribe);
}

void loop()
{
mqtt_esp8266_serial.listen(); ABlocksIOT.loop();

    if ((Ordenes == 1)) {
        digitalWrite(8, HIGH);
    }
    else {
        digitalWrite(8, LOW);
    }

    if((millis()-task_time_ms)>=3000){
        task_time_ms=millis();

        Temperatura = (((analogRead(A0)/1023.0)*(5.0*1000.0))/10.0);

        mqtt_esp8266_serial.listen();

        ABlocksIOT.Publish(String("DID/Temperatura"), String(Temperatura));

    }

}

```