



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

“APICULTURA INTELIGENTE MEDIANTE EL USO DE SENSORES QUE PERMITAN  
EL MONITOREO Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE SALUD DE LA COLMENA  
EVITANDO LA PERDIDA, EN EL SECTOR DE IMBAYA “

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**AUTOR: LIMA PAMBAQUISHPE LUIS ALEXANDER**

**DIRECTOR: MSC. CARLOS ALBERTO VÁSQUEZ AYALA**

**IBARRA – ECUADOR**

**2023**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DEL CONTACTO  |  |                |            |
|---------------------|--|----------------|------------|
| CEDULA              | 1003566237   |                |            |
| APELLIDOS Y NOMBRES | Lima Pambaquishpe Luis Alexander                           |                |            |
| DIRECCIÓN           | El Milagro El Cerezo 3-24 y El durazno                     |                |            |
| E-MAIL              | <a href="mailto:lalimap@utn.edu.ec">lalimap@utn.edu.ec</a> |                |            |
| TELÉFONO FIJO       | X  | TELÉFONO MÓVIL | 0988385720 |

| DATOS DE OBRA |  |
|---------------|--|
| TÍTULO        | “Apicultura inteligente mediante el uso de sensores que permitan el monitoreo y diagnóstico del estado de salud de la colmena evitando la perdida, en el sector de Imbaya” |
| AUTOR         | Lima Pambaquishpe Luis Alexander   |
| FECHA         | 06 de enero del 2023   |
| PROGRAMA      | Pregrado   |
| TÍTULO        | Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación   |
| DIRECTOR      | Ing. Carlos Alberto Vásquez, MSc.  |

FIRMA:

NOMBRE: Lima Pambaquishpe Luis Alexander



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de enero del 2023

**EL AUTOR**

**Lima Pambaquishpe Luis Alexander**

**CI: 100356623-7**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN.**

MAGISTER CARLOS ALBERTO VÁSQUEZ, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE GRADO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de titulación “Apicultura inteligente mediante el uso de sensores que permitan el monitoreo y diagnóstico del estado de salud de la colmena evitando la pérdida, en el sector de Imbaya” Ha sido desarrollado por el señor Lima Pambaquishpe Luis Alexander bajo mi supervisión.

En todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.

Ing. Carlos Alberto Vásquez, MSc

**DIRECTOR**



## DEDICATORIA

*El presente trabajo de investigación va dedicado con mucho cariño:*

*Primeramente, a Dios, por bendecirme con la vida y la salud, nunca haberme hecho pasar necesidades, agradecerle por cada lección de vida que me supo dar hasta el momento y en cada una de las etapas de mi vida, yo estoy seguro que mi Dios me seguirá bendiciendo cada día de mi vida, mientras mi Fe sea más grandes que todos los problemas, todo es posible lograrlo con dedicación y esfuerzo.*

*A mis padres por haberme dado la vida, enseñado buenos valores éticos y morales, por siempre estar ahí apoyándome sin dejar de creer en mí, todos los logros son gracias a ud mi mama Delia Maria Pambaquishpe y ud mi papa Luis Alfonso Lima, que a pesar que hubo problemas, siempre estuvieron ahí presentes, ya sea de una u otra forma, siempre estuvieron presentes en mi vida y seguirán presentes para siempre ahora más en mi vida profesional.*

*A mis hermanas Ximena y Nathaly que siempre han sido personas muy importantes en mi vida, son unas súper hermanas, aunque diferentes pero únicas, que no se cansan de darme ánimo y apoyo, cuando más lo necesito, las quiero mucho.*

*A mis familiares que siempre estuvieron hay preguntando de mis estudios o como me siento, siempre dándome ánimo, “dándome cariño” de una u otra manera, gracias por la confianza a cada una de ellos.*

*A las personas que por una u otra manera ya no estén conmigo, pero en el transcurso de la vida fueron unas personas muy importantes en mi vida.*

*A mi novia Azucena, que ha estado ahí teniéndome confianza y paciencia, que siempre me veía que soy capaz de lograrlo todo, ahora en este momento le agradezco por haberme hecho creer en mí y que soy capaz de hacerlo.*

**Luis Alexander Lima**

## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, agradecer a dios por darme las fuerzas y no abandonarme en los momentos difíciles de mi vida, siempre estar hay dándome fuerza para seguir luchando y alcanzar con éxito mi vida profesional, y con la confianza que desde esto momento me ayudara a que pueda seguir cumpliendo todas las metas que me proponga.*

*Agradezco a la querida Universidad Técnica del Norte y FICA por permitirme aprender y formarme como un profesional. A cada uno del docente que me brindaron sus conocimientos para llegar a ser un profesional.*

*Mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis Ing. Carlos Vásquez y Asesor de tesis Ing. Jaime Michilena, por guiarme en el desarrollo de mi tema de investigación y por compartir sus valiosos conocimientos y experiencias, y sobre todo tener esa calidez humana de enseñar.*

*Agradecer a mis padres por todo el apoyo que me dieron desde el primer momento, yo sé que pasaron cosas difíciles, pero nunca se cansaron de apoyarme, Papa y mama yo les debo la vida y nose como les pagare por todo lo que han hecho por mí, gracias por tenerme la paciencia necesaria, por soportar enojos, por mi tristeza, y gracias por darme ese amor de padre y madre que no se compara con nada.*

*Agradezco a cada tía, tío, prima, primo, sobrino, sobrina, amigo, amiga que de una u otra manera siempre intentaron sacarme una sonrisa de ánimo apoyo cuando más lo necesitaba. Agradezco a mi novia Azucena que me supo soportar en los momentos más tristes y sacarme una sonrisa cuando más lo necesitaba con sus ocurrencias. “mi ojo está llorando”*

*También agradezco a la familia SYSMARC que me acogieron como una familia y darme la confianza de entrar a su empresa y hogar, y poder realizar mis prácticas y la oportunidad de trabajo.*

**Luis Alexander Lima**

## INDICE DE CONTENIDOS

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES .....</b>       | <b>28</b> |
| 1.1.      | INTRODUCCIÓN .....                         | 28        |
| 1.2.      | PROBLEMA.....                              | 29        |
| 1.3.      | OBJETIVO .....                             | 31        |
| 1.4.      | OBJETIVO GENERAL .....                     | 31        |
| 1.5.      | OBJETIVO ESPECIFICO.....                   | 31        |
| 1.6.      | ALCANCE .....                              | 32        |
| 1.7.      | JUSTIFICACIÓN .....                        | 36        |
| <b>2.</b> | <b>CAPÍTULO 2 FUNDAMENTO TEÓRICO.....</b>  | <b>38</b> |
| 2.1.      | APICULTURA.....                            | 38        |
| 2.1.1.    | <i>Importancia</i> .....                   | 39        |
| 2.1.2.    | <i>Beneficios</i> .....                    | 40        |
| 2.2.      | ABEJAS.....                                | 40        |
| 2.2.1.    | <i>Definición</i> .....                    | 40        |
| 2.2.2.    | <i>Reinas</i> .....                        | 41        |
| 2.2.3.    | <i>Zánganos</i> .....                      | 42        |
| 2.2.4.    | <i>Obreras</i> .....                       | 43        |
| 2.3.      | COLMENA .....                              | 44        |
| 2.3.1.    | <i>Características de la colmena</i> ..... | 44        |
| 2.3.2.    | <i>Partes de la Colmena</i> .....          | 45        |
| 2.3.2.1.  | Base o Soporte .....                       | 46        |
| 2.3.2.2.  | Piquera .....                              | 46        |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 2.3.2.3.   | Cámara de Cría .....  | 46 |
| 2.3.2.4.   | Marcos o Cuadros.....   | 47 |
| 2.3.2.5.   | Rejilla Excluidora. ....  | 47 |
| 2.3.2.6.   | Contra Tapa. ....   | 47 |
| 2.3.2.7.   | Tapa.....   | 47 |
| 2.3.3.     | <i>Tipo de Colmena.</i> .....   | 48 |
| 2.3.3.1.   | Colmenas Fijas.....   | 48 |
| 2.3.3.2.   | Colmena Movilista.....  | 48 |
| 2.3.3.2.1. | Definición .....  | 48 |
| 2.3.3.2.2. | Colmena Layens. ....  | 48 |
| 2.3.3.2.3. | Colmena Dadant.....   | 49 |
| 2.3.3.2.4. | Colmena Langstroth. ....  | 50 |
| 2.4.       | SALUD DE LA COLMENA. ....   | 53 |
| 2.4.1.     | <i>Posibles Enfermedades de la Colmena.</i> .....                               | 53 |
| 2.4.2.     | <i>Factores Físicos Importantes para el Funcionamiento de la Colonia.</i> ..... | 54 |
| 2.4.2.1.   | Espacio-Abeja en la Colmena. ....   | 54 |
| 2.4.2.2.   | Regulación de la Temperatura. ....  | 54 |
| 2.4.2.3.   | Regulación de la Humedad.....   | 55 |
| 2.4.3.     | <i>Estrés en la Colmena.</i> .....  | 56 |
| 2.4.3.1.   | Limitada Ventilación en Colmena e Intenso Calor.....                            | 56 |
| 2.4.3.2.   | Limitada Ventilación, Frío y Alta Humedad en el Nido. ....                      | 57 |
| 2.4.3.3.   | Constantes Revisiones del Apicultor. ....                                       | 57 |
| 2.4.4.     | <i>Consecuencia del Estrés en la Colmena.</i> .....                             | 58 |
| 2.4.5.     | <i>Métodos de Cuidado en la Colmena.</i> .....                                  | 58 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 2.5.       | MIEL.....  | 59 |
| 2.5.1.     | <i>Definición</i> .....                                      | 59 |
| 2.5.2.     | <i>Propiedades de la Miel</i> .....                          | 59 |
| 2.5.3.     | <i>Beneficios Fisiológicos</i> .....                         | 60 |
| 2.5.4.     | <i>Producción de Miel</i> .....                              | 60 |
| 2.5.5.     | <i>Influencia de Habilidad Idóneo en la Producción</i> ..... | 60 |
| 2.6.       | INTERNET DE LAS COSAS.....                                   | 62 |
| 2.6.1.     | <i>Definición</i> .....                                      | 62 |
| 2.6.2.     | <i>Arquitectura IoT</i> .....                                | 63 |
| 2.6.2.1.   | Capa WSN.....  | 64 |
| 2.6.2.1.1. | Topología.....   | 65 |
|            | • Red de un Salto.....                                       | 65 |
|            | • Red Multisalto.....  | 66 |
| 2.6.2.1.2. | Componentes.....   | 67 |
|            | • Sensores.....  | 67 |
|            | • Nodos de Radio.....  | 67 |
|            | • Fuente de Energía.....                                     | 67 |
|            | • Punto de Acceso WLAN.....                                  | 67 |
|            | • Software de Evaluación.....                                | 68 |
| 2.6.2.2.   | Capa de Comunicación.....                                    | 68 |
| 2.6.2.2.1. | Protocolos de IoT.....                                       | 68 |
| 2.6.2.3.   | Capa de Aplicación.....                                      | 71 |
| 2.6.2.3.1. | Protocolos.....  | 71 |
|            | • HTTP.....  | 71 |

|  |           |
|--|-----------|
| • MQTT.....  | 72        |
| • CoAP.....  | 73        |
| 2.7. CLOUD COMPUTING.....                            | 74        |
| 2.7.1. <i>Tipo de Servicios</i> .....                | 75        |
| 2.7.1.1. Infraestructura Como Servicio (IaaS).....   | 75        |
| 2.7.1.2. Plataforma como Servicio (PaaS).....        | 75        |
| 2.7.1.3. Software como Servicio (SaaS).....          | 76        |
| 2.7.2. <i>Tipo de Plataformas</i> .....              | 76        |
| 2.7.2.1. Amazon Web Service (AWS).....               | 76        |
| 2.7.2.2. Microsoft Azure.....                        | 77        |
| 2.7.2.3. Google Cloud.....                           | 78        |
| 2.7.2.4. Casos de Uso.....                           | 79        |
| 2.8. METODOLOGÍA EN V.....                           | 80        |
| 2.8.1. <i>Casos para Aplicación</i> .....            | 81        |
| <b>3. CAPÍTULO 3 DESARROLLO EXPERIMENTAL.....</b>    | <b>82</b> |
| 3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....            | 82        |
| 3.1.1. <i>Ubicación</i> .....                        | 83        |
| 3.1.2. <i>Características del clima</i> .....        | 83        |
| 3.1.3. <i>Apiario</i> .....                          | 83        |
| 3.1.4. <i>Análisis de los Resultados</i> .....       | 88        |
| 3.2. INTRODUCCIÓN AL DESARROLLO DEL PROYECTO.....    | 90        |
| 3.2.1. <i>Propósito del Sistema</i> .....            | 90        |
| 3.2.2. <i>Ámbito del Sistema</i> .....               | 90        |
| 3.2.3. <i>Características del Beneficiario</i> ..... | 91        |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| 3.3.       | DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....                       | 91  |
| 3.4.       | REQUERIMIENTOS .....   | 92  |
| 3.4.1.     | <i>Construcción de Atributos de los Requerimientos</i> ..... | 92  |
| 3.4.2.     | <i>Nomenclatura de los Requerimientos</i> .....              | 92  |
| 3.4.3.     | <i>Requerimientos de Stakeholders</i> .....                  | 93  |
| 3.4.4.     | <i>Requerimientos de Sistema</i> .....                       | 96  |
| 3.4.5.     | <i>Requerimiento de Arquitectura</i> .....                   | 102 |
| 3.5.       | RECURSOS .....   | 106 |
| 3.5.1.     | <i>Recursos Humanos</i> .....                                | 106 |
| 3.5.2.     | <i>Recursos Económicos</i> .....                             | 107 |
| 3.6.       | DISEÑO DEL SISTEMA .....                                     | 109 |
| 3.6.1.     | <i>Módulo de Toma de Datos</i> .....                         | 110 |
| 3.6.1.1.   | Flujograma.....  | 110 |
| 3.6.1.2.   | Selección de Hardware.....                                   | 111 |
| 3.6.1.3.   | Selección de Criterio.....                                   | 113 |
| 3.6.1.4.   | Selección de Criterio.....                                   | 114 |
| 3.6.1.5.   | Criterio de Elección .....                                   | 116 |
| 3.6.1.6.   | Diseño.....  | 116 |
| 3.6.1.6.1. | Sensores DHT22 .....   | 117 |
| 3.6.1.6.2. | Servo Motor SG90.....  | 118 |
| 3.6.1.6.3. | Módulo HX711 .....   | 118 |
| 3.6.1.6.4. | Iteración 1 .....  | 119 |
| 3.6.2.     | <i>Módulo de Procesamiento de Datos</i> .....                | 122 |
| 3.6.2.1.   | Flujograma.....  | 123 |



|            |  |     |
|------------|--|-----|
| 3.6.2.2.   | Selección de Hardware .....  | 125 |
| 3.6.2.3.   | Selección de Software .....  | 126 |
| 3.6.2.4.   | Criterio de Elección .....   | 127 |
| 3.6.2.5.   | Diseño.....  | 128 |
| 3.6.2.5.1. | Led de Sistema de Encendido.....   | 128 |
| •          | Cálculo de Valor de Resistencia.....   | 128 |
| 3.6.2.5.2. | Alimentación Eléctrica.....  | 129 |
| 3.6.2.5.3. | Despertar del Módulo de Comunicación.....                                      | 131 |
| 3.6.2.5.4. | Comunicación Serial entre Módulo de Procesamiento de Datos y Comunicación..... | 131 |
| 3.6.2.5.5. | Librerías Utilizadas .....   | 132 |
| 3.6.2.5.6. | Funcionalidades del Sistema .....  | 133 |
| 3.6.2.5.7. | Iteración 2 .....  | 140 |
| 3.6.3.     | <i>Módulo de Comunicación</i> .....  | 142 |
| 3.6.3.1.   | Flujograma.....  | 142 |
| 3.6.3.2.   | Selección de Hardware.....   | 144 |
| 3.6.3.3.   | Criterio de Elección .....   | 145 |
| 3.6.3.4.   | Diseño del Módulo .....  | 146 |
| 3.6.3.4.1. | Led de Envío de Datos a la Plataforma.....                                     | 146 |
| •          | Cálculo de Valor de Resistencia.....   | 146 |
| 3.6.3.4.2. | Librerías del Módulo de Comunicación .....                                     | 147 |
| 3.6.3.4.3. | Configuración de Azure Event Hubs .....  | 148 |
| 3.6.3.4.4. | Envío de Datos a la Nube .....   | 149 |
| 3.6.3.4.5. | Iteración 3 .....  | 149 |
| 3.6.4.     | <i>Módulo de Tratamiento y Presentación</i> .....                              | 150 |
| 3.6.4.1.   | Flujograma.....  | 151 |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 3.6.4.2.   | Selección de Software .....                                      | 152        |
| 3.6.4.3.   | Criterio de Elección .....                                       | 154        |
| 3.6.4.4.   | Diseño del Módulo .....  | 155        |
| 3.6.4.4.1. | Servicios para el Tratamiento de la Información.....             | 155        |
| •          | Azure Event Hub .....  | 156        |
| •          | Azure Stream Analytics .....                                     | 157        |
| •          | Azure SQL Database .....   | 158        |
| 3.6.4.4.2. | Estructura de Base de Datos .....                                | 159        |
| 3.6.4.4.3. | Presentación de la Información .....                             | 167        |
| 3.6.4.4.4. | Iteración 4 .....  | 172        |
| 3.6.5.     | <i>Consumo Eléctrico</i> .....                                   | 173        |
| 3.6.5.1.   | Cálculo de Voltaje.....  | 174        |
| 3.6.5.2.   | Cálculo de Corriente .....                                       | 174        |
| 3.6.5.2.1. | Modo Activo.....   | 175        |
| 3.6.5.2.2. | Modo Stand-by.....   | 175        |
| 3.6.5.3.   | Duración de Batería.....   | 176        |
| <b>4.</b>  | <b>CAPÍTULO 4 PRUEBAS.</b> .....                                 | <b>176</b> |
| 4.1.       | IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA, SISTEMA STRONG-BEE .....         | 176        |
| 4.2.       | FUNCIONAMIENTO INTEGRADO DE LOS MÓDULOS. ....                    | 179        |
| 4.3.       | IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA STRONG-BEE.....                       | 186        |
| 4.4.       | PRUEBAS DE VALIDACIÓN. ....                                      | 188        |
| 4.4.1.     | <i>Prueba de Arquitectura</i> .....                              | 188        |
| 4.4.1.1.   | Sistema Adaptarse a Condiciones Climáticas Complicadas. ....     | 188        |
| 4.4.1.2.   | Sistema de Fácil de Manipulación, Movilización y Encendido. .... | 189        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 4.4.1.3.   | Ejecución Periódica Automática del Sistema.....  | 192        |
| 4.4.1.4.   | El Sistema Toma Datos del Ambiente y Almacenar los Datos en la Plataforma en la Nube.. | 193        |
| 4.4.1.5.   | Perfiles de Administrador y Apicultor para Visualización de Datos.....                 | 194        |
| 4.4.2.     | <i>Prueba de Sistema</i> .....   | 196        |
| 4.4.2.1.   | Mostrar la Información Almacenada al Apicultor. ....                                   | 196        |
| 4.4.2.2.   | Comunicación Serial e Inalámbrica.....   | 197        |
| 4.4.3.     | <i>Prueba de Stakeholders</i> .....  | 200        |
| 4.4.3.1.   | El Sistema Toma Datos de Temperatura y Humedad en el Exterior de la Colmena. ....      | 200        |
| 4.4.3.2.   | El Sistema debe Medir el Peso de la Colmena.....                                       | 202        |
| 4.4.3.3.   | Activar Mecanismo de Ventilación en la Colmena .....                                   | 206        |
| 4.4.3.4.   | Credenciales para Ingresar a la Aplicación Web.....                                    | 208        |
| 4.5.       | PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....  | 210        |
| 4.5.1.     | <i>Decisión del Tiempo para la Toma de Datos en Cada Ciclo.</i> .....                  | 210        |
| 4.5.1.1.1. | Conclusión.....  | 212        |
| 4.5.2.     | <i>Toma de Datos de la Implementación del Sistema Strong-Bee de la Etapa 1.</i> .....  | 212        |
| 4.5.2.1.   | Conclusiones de Implementación del Sistema Strong-Bee, Etapa 1.....                    | 215        |
| 4.5.3.     | <i>Programación para la Activación del Mecanismo de Ventilación</i> .....              | 216        |
| 4.5.4.     | <i>Toma de Datos de la Implementación del Sistema Strong-Bee de la Etapa 2</i> .....   | 217        |
| 4.5.4.1.   | Corrección del Horario de la Rutina 1 de la Toma de Datos. ....                        | 217        |
| 4.5.4.2.   | Datos Almacenados Después de la Activación del Mecanismo de Ventilación .....          | 218        |
| 4.5.4.3.   | Promedios de los Datos Tomados de la Primera Rutina.....                               | 220        |
| 4.5.4.4.   | Información de Colmena en la Página Web .....  | 221        |
| 4.5.5.     | <i>Análisis de los Datos del Sistema Strong-Bee</i> .....                              | 223        |
| 5.         | <b>CONCLUSIONES</b> .....  | <b>227</b> |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>6.</b> | <b>RECOMENDACIONES</b> .....   | <b>228</b> |
| <b>7.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....  | <b>229</b> |
| <b>8.</b> | <b>ANEXO</b> .....   | <b>232</b> |
| 8.1.      | ANEXO A ENCUESTA REALIZADA AL APICULTOR PARA DEFINIR ESTADO ACTUAL DE LA ACTIVIDAD ..... | 232        |
| 8.1.1.    | <i>Conclusión</i> .....  | 237        |
| 8.2.      | ANEXO B. ENCUESTA PARA DEFINIR LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....                       | 238        |
| 8.2.1.    | <i>Conclusión</i> .....  | 243        |
| 8.3.      | ANEXO C. PROCESO DE CALIBRACIÓN DE LA BALANZA. ....                                      | 244        |
| 8.4.      | ANEXO D. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....                | 247        |
| 8.5.      | ANEXO E. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO DE COMUNICACIÓN. ....                         | 256        |
| 8.6.      | ANEXO F. CREACIÓN DE CUENTA Y RECURSOS EN AZURE .....                                    | 262        |
| 8.7.      | ANEXO G. IMPLEMENTACIÓN DE BASE DE DATOS EN AZURE SQL DATABASE. ....                     | 271        |
| 8.8.      | ANEXO H. IMPLEMENTAR PAGINA WEB EN APP SERVICE .....                                     | 275        |
| 8.9.      | ANEXO I. MANUAL DE USO.....  | 281        |
| 8.9.1.    | <i>Administrador</i> .....   | 281        |
| 8.9.2.    | <i>Usuario</i> .....   | 282        |
| 8.10.     | ANEXO J. FICHA TÉCNICA DEL DHT22.....  | 285        |
| 8.11.     | ANEXO K. FICHA TÉCNICA DEL SERVOMOTOR SG90.....  | 294        |
| 8.12.     | ANEXO L. FICHA TÉCNICA DEL MÓDULO HX711.....   | 296        |
| 8.13.     | ANEXO M. FICHA TÉCNICA DEL MICROCONTROLADOR ARDUINO NANO.....                            | 302        |
| 8.14.     | ANEXO N. FICHA TÉCNICA DEL WEMOS D1 MINI .....   | 305        |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 <i>Abeja Reina de la Colmena</i> .....   | 41 |
| Figura 2 <i>Abeja Zángano de la Colmena</i> .....                                       | 42 |
| Figura 3 <i>Abeja Obrera en la Colmena</i> .....  | 43 |
| Figura 4 <i>Colmenas de Abejas</i> .....  | 44 |
| Figura 5 <i>Estructura de colmena</i> .....   | 45 |
| Figura 6 <i>Tipo de colmena Layens</i> .....  | 48 |
| Figura 7 <i>Tipo de colmena Dadant</i> .....  | 49 |
| Figura 8 <i>Tipo de colmena Langstroth</i> .....  | 50 |
| Figura 9 <i>Arquitectura de 3 niveles</i> .....   | 63 |
| Figura 10 <i>Red de un solo salto</i> .....   | 65 |
| Figura 11 <i>Red multisalto</i> .....   | 66 |
| Figura 12 <i>Tecnologías de comunicación para el desarrollo de un sistema IoT</i> ..... | 68 |
| Figura 13 <i>Proceso de comunicación HTTP</i> .....                                     | 72 |
| Figura 14 <i>Modelo de comunicación MQTT</i> .....                                      | 73 |
| Figura 15 <i>Arquitectura CoAP</i> .....  | 74 |
| Figura 16 <i>Metodología modelo en V</i> .....  | 80 |
| Figura 17 <i>Localización de Imbaya en el mapa geográfico</i> .....                     | 82 |
| Figura 18 <i>Colmenas de propiedad del apicultor</i> .....                              | 84 |
| Figura 19 <i>Abundante vegetación alrededor del apiario</i> .....                       | 85 |
| Figura 20 <i>Colmenas actuales en el apiario de Imbaya</i> .....                        | 86 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 21 <i>Arquitectura del sistema de monitoreo de colmenas</i> .....  | 109 |
| Figura 22 <i>Diagrama general del flujo del modulo de toma de datos del sistema<br/>Strong-Bee</i> .....                                      | 110 |
| Figura 23 <i>Diagrama general de los circuitos del sistema Strong-Bee</i> .....   | 116 |
| Figura 24 <i>Circuito eléctrico de sensores DHT22</i> .....   | 117 |
| Figura 25 <i>Circuito eléctrico de SG90</i> .....   | 118 |
| Figura 26 <i>Circuito eléctrico de módulo HX711</i> .....   | 119 |
| Figura 27 <i>Caja tipo Langstroth a modificar.</i> .....  | 119 |
| Figura 28 <i>Diseño de soporte para la colmena.</i> .....   | 120 |
| Figura 29 <i>Colocación de Sensores DHT22 y ubicación de mecanismo de ventilación.</i><br>.....   | 121 |
| Figura 30 <i>Parte inferior de la base de la colmena, colocación de celdas de carga y<br/>servomotor como mecanismo de ventilación.</i> ..... | 122 |
| Figura 31 <i>Diagrama general del flujo del modulo de procesamiento de datos del<br/>sistema Strong-Bee</i> .....                             | 123 |
| Figura 32 <i>Circuito eléctrico de sistema de led encendido</i> .....   | 128 |
| Figura 33 <i>Circuito eléctrico de ON/OFF</i> .....   | 129 |
| Figura 34 <i>Circuito eléctrico de alimentación a módulo de comunicación</i> .....  | 130 |
| Figura 35 <i>Circuito para despertar el módulo de comunicación.</i> .....   | 131 |
| Figura 36 <i>Circuito de comunicación entre Modulo de procesamiento de datos y<br/>Comunicación</i> .....                                     | 132 |
| Figura 37 <i>Librerías utilizadas en el módulo de procesamiento del sistema.</i> .....  | 132 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 38 <i>Métodos a realizar el módulo de procesamiento del sistema</i> .....  | 133 |
| Figura 39 <i>Toma de datos de temperatura y humedad de los sensores DHT22.</i> .....                                      | 134 |
| Figura 40 <i>Datos de temperatura y humedad almacenados de la primera rutina.</i> .....                                   | 134 |
| Figura 41 <i>Librería para entrar y salir del modo Stand-by del sensor de peso</i> .....                                  | 135 |
| Figura 42 <i>Método para activación del mecanismo de ventilación del sistema.</i> .....                                   | 136 |
| Figura 43 <i>Promedio de los datos tomados de los sensores DHT22 en la rutina 1</i> ...                                   | 137 |
| Figura 44 <i>Envío de estado LOW para despertar módulo de comunicación y envío de datos por comunicación serial</i> ..... | 137 |
| Figura 45 <i>Tipos de resultado de acuerdo a los valores promedios humedad y temperatura del ambiente.</i> .....          | 138 |
| Figura 46 <i>Reseteo de variables utilizadas</i> .....  | 139 |
| Figura 47 <i>Método sleep del módulo de procesamiento de datos del sistema.</i> .....                                     | 140 |
| Figura 48 <i>Diseño de placa PCB superior e inferior.</i> .....   | 141 |
| Figura 49 <i>Conexión de pines entre el módulo de toma de datos y el módulo de procesamiento de datos</i> .....           | 142 |
| Figura 50 <i>Diagrama general del flujo del modulo de comunicacion del sistema Strong-Bee</i> .....                       | 142 |
| Figura 51 <i>Circuito eléctrico del sistema de led de envío de datos a la plataforma</i> ..                               | 146 |
| Figura 52 <i>Librerías utilizadas</i> .....   | 147 |
| Figura 53 <i>Configuraciones para establecer conexión con la plataforma de Microsoft Azure</i> .....                      | 148 |
| Figura 54 <i>Credenciales para configurar el módulo de comunicación</i> .....   | 148 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 55 <i>Envío de cadena de datos a la plataforma en la nube.</i> .....   | 149 |
| Figura 56 <i>Integración de módulo 3 a los módulos 1 y 2.</i> .....   | 150 |
| Figura 57 <i>Diagrama general del flujo del modulo de tratamiento de la informacion del sistema Strong-Bee.</i> ..... | 151 |
| Figura 58 <i>Diagrama general del flujo de presentacion de la informacion del sistema Strong-Bee.</i> .....           | 151 |
| Figura 59 <i>Recepción visual Eventos trasmitidos desde el módulo de comunicación.</i><br>.....                       | 156 |
| Figura 60 <i>Recepción de datos desde Event Hub y reenvió hacia SQL Database.</i> .....                               | 157 |
| Figura 61 <i>Verificación de filtrado de datos.</i> .....   | 158 |
| Figura 62 <i>Base de datos BDbeeiot dentro de SQL Server.</i> .....   | 158 |
| Figura 63 <i>Base de datos dentro del recurso de SQL Database.</i> .....  | 159 |
| Figura 64 <i>Diseño de base de datos relacional</i> .....   | 160 |
| Figura 65 <i>Atributos de la tabla Usuario</i> .....  | 161 |
| Figura 66 <i>Atributos de la tabla Tipouser.</i> .....  | 161 |
| Figura 67 <i>Atributos de la tabla Apiario.</i> .....   | 162 |
| Figura 68 <i>Atributos de la tabla Colmena.</i> .....   | 162 |
| Figura 69 <i>Atributos de la tabla Modo.</i> .....  | 163 |
| Figura 70 <i>Captura de datos tomados en la rutina 1.</i> .....   | 164 |
| Figura 71 <i>Captura de datos obtenidos de la rutina 2.</i> .....   | 164 |
| Figura 72 <i>Captura de datos relevantes para el apicultor y funcionamiento del sistema.</i><br>.....                 | 165 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 73 <i>Atributos de la tabla Resultado.</i> .....   | 165 |
| Figura 74 <i>Atributos de la tabla Recomendaciones.</i> .....   | 166 |
| Figura 75 <i>Atributos de la tabla Posición.</i> .....  | 166 |
| Figura 76 <i>Login del sistema.</i> .....   | 167 |
| Figura 77 <i>Inicio de la plantilla del administrador.</i> .....  | 168 |
| Figura 78 <i>Lista general de perfiles Administrador.</i> .....   | 169 |
| Figura 79 <i>Lista general de Apiarios Administrador.</i> .....   | 169 |
| Figura 80 <i>Lista general de colmenas Administrador.</i> .....   | 170 |
| Figura 81 <i>Listada de datos de colmena Administrador.</i> .....   | 170 |
| Figura 82 <i>Plantilla del perfil Usuario (Apicultor).</i> .....  | 170 |
| Figura 83 <i>Lista de apiarios a cargo del Apicultor.</i> .....   | 171 |
| Figura 84 <i>Listado de colmenas del apicultor.</i> .....   | 171 |
| Figura 85 <i>Lista de datos de las colmenas del apicultor.</i> .....  | 172 |
| Figura 86 <i>Datos almacenados en la base de datos BDbeeiot.</i> .....  | 173 |
| Figura 87 <i>Arquitectura de los módulos del sistema Strong-Bee.</i> .....  | 178 |
| Figura 88 <i>Diagrama de flujo del sistema Strong-Bee.</i> .....  | 178 |
| Figura 89 <i>Sensores DHT22 expuesto a un ambiente controlado.</i> .....  | 180 |
| Figura 90 <i>Captura de toma de medidas semejantes entre sensores, como verificación de funcionamiento.</i> ..... | 181 |
| Figura 91 <i>Balanza en cero, a la espera de un nuevo peso.</i> .....   | 182 |
| Figura 92 <i>Verificación de peso mediante una balanza manual.</i> .....  | 183 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 93 <i>Peso añadido en la colmena y verificación del nuevo valor del peso mediante monitor serial.</i> ..... | 184 |
| Figura 94 <i>Engranaje del servomotor para abrir o cerrar la ventilación.</i> .....                                | 185 |
| Figura 95 <i>Visualización de datos de la colmena almacenados en la tabla Dato.</i> .....                          | 186 |
| Figura 96 a) <i>Implantación de la colmena del sistema Strong-Bee en el apiario del apicultor.</i> .....           | 187 |
| Figura 97 <i>Operación del sistema en día y noche.</i> .....   | 189 |
| Figura 98 <i>Captura de datos tomados durante 24 horas.</i> .....  | 189 |
| Figura 99 <i>Colmena tradicional para la apicultura.</i> .....   | 190 |
| Figura 100 <i>Conectores de los sensores colocados en la base o soporte.</i> .....                                 | 190 |
| Figura 101 a) <i>Alimentación eléctrica del sistema.</i> .....   | 191 |
| Figura 102 <i>Captura de datos almacenados periódicamente en la base de datos en la nube.</i> .....                | 192 |
| Figura 103 a) <i>Toma de datos de temperatura y humedad con termohigrómetro.</i> .....                             | 193 |
| Figura 104 <i>Perfil del administrador.</i> .....  | 195 |
| Figura 105 <i>Perfil del apicultor.</i> .....  | 195 |
| Figura 106 <i>Página Web dentro del perfil de apicultor.</i> .....   | 196 |
| Figura 107 <i>Notificación del estado de salud de la colmena.</i> .....  | 197 |
| Figura 108 <i>Comunicación serial entre módulos de procesamiento y comunicación.</i>                               | 197 |
| Figura 109 a) <i>Cadena de datos recibidos a través de comunicación serial.</i> .....                              | 198 |
| Figura 110 <i>Solicitud de reenvío de datos.</i> .....   | 199 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 111 <i>Toma de datos del sistema Strong-Bee y termohigrómetro.</i> .....                    | 200 |
| Figura 112 <i>Datos del sistema Strong-Bee visualizados a través del monitor serial.</i>           | 201 |
| Figura 113 <i>Sensores colocados en la parte inferior de la base o soporte.</i> .....              | 203 |
| Figura 114 <i>Conectores permiten unir celdas de peso con el módulo de procesamiento.</i><br>..... | 203 |
| Figura 115 <i>Datos al encender el sistema.</i> .....  | 204 |
| Figura 116 a) <i>Presión en parte superior de la colmena.</i> .....                                | 204 |
| Figura 117 <i>Servomotor en la parte inferior de la base o soporte de la colmena.</i> .....        | 206 |
| Figura 118 <i>Conectar el mecanismo de ventilación al módulo de procesamiento.</i> ....            | 206 |
| Figura 119 a) <i>Mecanismo de ventilación cerrado.</i> .....                                       | 207 |
| Figura 120 <i>Credenciales almacenadas en la base de datos.</i> .....                              | 209 |
| Figura 121 a) <i>Perfil de administrador.</i> .....  | 209 |
| Figura 122 <i>Datos tomados durante 5 días.</i> .....  | 211 |
| Figura 123 <i>Parámetros para activación del mecanismo de ventilación.</i> .....                   | 216 |
| Figura 124 <i>Notificación del estado Normal.</i> .....  | 221 |
| Figura 125 <i>Notificación del estado prevención.</i> .....  | 222 |
| Figura 126 <i>Notificación del estado peligro.</i> .....   | 222 |
| Figura 127 <i>Datos detallados del ambiente en el interior de la colmena.</i> .....                | 223 |
| Figura 128 <i>Comparación de datos de temperatura de etapa 1 y etapa 2.</i> .....                  | 224 |
| Figura 129 <i>Comparación de los datos de humedad de etapa 1 y etapa 2.</i> .....                  | 225 |

## INDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1 <i>Características sobresalientes de los tipos de colmenas movilizadas.</i> .....         | 50  |
| Tabla 2 <i>Producción de miel en relación a la población de la colonia</i> .....                  | 61  |
| Tabla 3 <i>Tecnología más común con su área de aplicación</i> .....                               | 69  |
| Tabla 4 <i>Comparación entre los servicios que ofrece cada plataforma</i> .....                   | 79  |
| Tabla 5 <i>Pro y contras del modelo en V</i> .....  | 81  |
| Tabla 6 <i>Método y formato para recopilación de datos al inicio del estudio.</i> .....           | 87  |
| Tabla 7 <i>Acrónimo de los requerimientos.</i> .....  | 92  |
| Tabla 8 <i>Requerimiento de Stakeholders</i> .....  | 93  |
| Tabla 9 <i>Requerimiento de sistema.</i> .....  | 97  |
| Tabla 10 <i>Requerimiento de Arquitectura.</i> .....  | 102 |
| Tabla 11 <i>Requerimientos humanos.</i> .....   | 107 |
| Tabla 12 <i>Recurso de Hardware.</i> .....  | 107 |
| Tabla 13 <i>Recursos de software.</i> .....   | 108 |
| Tabla 14 <i>Selección de hardware.</i> .....  | 112 |
| Tabla 15 <i>Selección del módulo de peso para pesaje de la colmena.</i> .....                     | 113 |
| Tabla 16 <i>Selección de hardware para mecanismo de ventilación.</i> .....                        | 114 |
| Tabla 17 <i>Selección del microcontrolador adecuado para el procesamiento de los datos.</i> ..... | 125 |
| Tabla 18 <i>Selección del software para la programación del módulo de comunicación.</i><br>.....  | 126 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 19 <i>Selección del módulo adecuado para envío de datos a la nube.</i> .....                                 | 144 |
| Tabla 20 <i>selección de la plataforma adecuada para el desarrollo del sistema.</i> .....                          | 152 |
| Tabla 21 Suministro de energía necesario para cada elemento del sistema. ....                                      | 173 |
| Tabla 22 <i>Datos de temperatura y humedad de implementación del sistema Strong-Bee</i><br><i>, etapa 1.</i> ..... | 213 |
| Tabla 23 <i>Promedios de la rutina 2 de temperatura y humedad, etapa 1.</i> .....                                  | 214 |
| Tabla 24 <i>Horario de encendido del sistema posterior al análisis.</i> .....                                      | 217 |
| Tabla 25 <i>Datos de temperatura y humedad de implementación del sistema Strong-Bee</i><br><i>, etapa 2.</i> ..... | 218 |
| Tabla 26 <i>Promedios de la rutina 2 de temperatura y humedad, etapa 2.</i> .....                                  | 220 |

## INDICE DE ECUACIONES

|   |     |
|---|-----|
| La resistencia permite limitar el flujo de corriente y asegurar la vida útil del led, se<br>calcula mediante el uso de la Ecuación 1, conocida como la ley de OHM ..... | 128 |
|---|-----|

## RESUMEN

El presente proyecto se basa en el diseño y desarrollo de un sistema electrónico para monitorear el estado de la salud de la colmena en el apiario del Sr Luis Rigoberto Pambaquishpe, el sistema permitirá tomar datos de temperatura y humedad, al interior y exterior de la colmena, además del peso y un mecanismo de ventilación en la parte inferior de la colmena, específicamente en la base o soporte de la colmena. Con lo cual se pretende aportar positivamente al desarrollo de la colmena e informar al apicultor de manera oportuna si una colmena está sufriendo estrés, dando como resultado la disminución de la población de abejas o posiblemente la pérdida.

El sistema funcionara a través de una plataforma en la nube, para el tratamiento de la información de los datos tomados por los sensores colocados en la colmena, los datos tomados son temperatura y humedad interna como externa, peso de la colmena y el estado del mecanismo de ventilación. Los datos tomados acerca de la temperatura y humedad al interior de la colmena se procesan para determinar si en el periodo de tiempo de la toma de datos, la colmena se encontraba en un ambiente inadecuado para el desarrollo de la colmena, se realiza una notificación de que la colmena necesita atención por parte del apicultor, el apicultor podrá ver los datos tomados por los sensores, además de la notificación a través de una página Web, la cual fue diseñada para el sistema.

Estructurado todos los módulos del sistema, se debió seguir con la integración de los módulos diseñados y comprobar el funcionamiento en conjunto de los módulos. Luego de la implementación se realizó pruebas de validación de arquitectura, sistema y Stackholder, estas pruebas permiten validar y verificar el funcionamiento de cada uno de módulos en campo. Para realizar la implementación se utilizó una colmena del Sr. Luis Pambaquishpe, el cual cuenta con un apiario en el sector de Imbaya, posterior a la implementación y validación del sistema se consiguió establecer el periodo de tiempo en el cual existe una mayor incidencia del clima



al interior de la colmena, lo cual provoca un aumento de la temperatura y la disminución la humedad, produciendo que el habitat al interior de la colmena se vuelva estresante para las abejas afectando directamente a la población de la colmena, con la ayuda del sistema se logró reducir el periodo de tiempo en el cual las abejas permanecían fuera de los parámetros óptimos para el desarrollo óptimo de la colmena. El sistema inicia con la toma de los datos de temperatura y humedad, si los datos tomados se encuentran en puntos críticos el sistema inicia su mecanismo ventilación, aportando a la colmena a regresar lo más pronto posible a un habitat adecuado y excelente para su desarrollo de la población y directamente para la optimización de la producción.

## ABSTRACT

The present project is based on the design and development of an electronic system to monitor the state of the hive's health in the apiary of Mr. Luis Rigoberto Pambaquishpe, the system will allow to take temperature and humidity data, inside and outside the hive. , in addition to the weight and a ventilation mechanism at the bottom of the hive, specifically at the base or support of the hive. With which it is intended to contribute positively to the development of the hive and inform the beekeeper in a timely manner if a hive is suffering from stress, resulting in a decrease in the bee population or possibly the loss.

The system will work through a platform in the cloud, for the treatment of the information of the data taken by the sensors placed in the hive, the data taken are internal and external temperature and humidity, weight of the hive and the state of the mechanism. of ventilation. The data taken about the temperature and humidity inside the hive are processed to determine if, in the period of data collection, the hive was in an unsuitable environment for the development of the hive, a notification of that the hive needs attention by the beekeeper, the beekeeper will be able to see the data taken by the sensors, in addition to the notification through a Web page, which was designed for the system.

Structured all the modules of the system, it was necessary to continue with the integration of the designed modules and verify the joint operation of the modules. After the implementation, architecture, system and Stackholder validation tests were carried out, these tests allow validating and verifying the operation of each of the modules in the field. To carry out the implementation, a hive belonging to Mr. Luis Pambaquishpe, who has an apiary in the Imbaya sector, was used. After the implementation and validation of the system, it was possible to establish the period of time in which there is a greater incidence of climate inside the hive, which causes an increase in temperature and a decrease in humidity, causing the habitat inside the hive to become stressful for the bees, directly affecting the hive population,

with the help of the system managed to reduce the period of time in which the bees remained outside the optimal parameters for the optimal development of the hive. The system begins with the collection of temperature and humidity data, if the data taken is at critical points, the system starts its ventilation mechanism, helping the hive to return as soon as possible to a suitable and excellent habitat for its development. the population and directly for the optimization of production.

## Capítulo 1 Antecedentes

### 1.1. Introducción

El sistema planteado para el monitorio y diagnóstico del estado de salud de la colmena, se plantea en ayudar al desarrollo de la colmena, que por los cambios climáticos, las altas y bajas temperaturas afectan directamente a las abejas y larvas, las abejas sufren de estrés al intentar mitigar estos cambios de temperatura y humedad afectando al interior de la colmena, Las abejas al sentir el aumento o disminución de calor de los rangos normales, realizan un movimiento intentando mitigar esos fenómenos, lo cual se define como un consumo de energía extra a la utilizada diariamente, esto provoca que las abejas reduzcan su tiempo de vida , y provocando que la colmena tienda a disminuir e incluso a desaparecer.

Para lo cual mediante el desarrollo del sistema se pretende aportar favorablemente al desarrollo de la colmena, apoyando a mitigar los fenómenos críticos de temperatura y humedad, para ello se plantea aplicar la tecnología adecuada y los conocimientos adquiridos para colaborar en solucionar este problema. El desarrollo del proyecto se lo dividió en 4 capítulos los cuales se explican a continuación.

En el capítulo 1 se enseña el problema que se plantea solucionar, posterior a esto se debe establecer objetivos que se deben cumplir, esto debe ir de la mano con el alcance el cual delimita hasta donde se abordara el tema, y por último la justificación en donde se explica el motivo por el cual intenta solucionar el problema propuesto.

En el Capítulo 2 se realiza la investigación sobre el tema planteado y se obtiene una idea más clara sobre la forma de abordar el problema. La información recabada se lo obtiene a través de investigaciones bibliográficas

En el capítulo 3 es el más importante y extenso del proyecto, dado que, en este apartado se indican los requerimientos necesarios para el diseño del sistema.

En el capítulo 4 se realiza la implementación y las pruebas de validación del sistema, análisis de los resultados y por último con las conclusiones y recomendaciones obtenidas luego de la culminación del sistema.

## **1.2. Problema**

La apicultura es una técnica que se basa en la crianza y cuidado de las abejas, las cuales son una parte fundamental para la conformación de las colmenas, dentro de la colmena las abejas realizan varios procesos con el objetivo de obtener productos como propóleo, cera, miel, jalea real y polen (Ravazzi, 2017). La producción de miel se encuentra afectada por algunos problemas que tienden a producir estrés en la colmena, la variación de la temperatura o humedad, que tiende a ocasionar un daño directamente a los huevecillos dentro de la cámara de crías en la colmena, o factores naturales como es la enjambrazón de las abejas, que se ocasiona, cuando un grupo de abejas están buscando un nuevo lugar para establecer su colonia, la raíz del problema emerge cuando la colmena se encuentra sobrepoblada, la abeja reina migra de la colmena acompañada de un gran número de obreras dejando vulnerable la colmena sin su reina. (Nieves, 2016) Por tal motivo se debe precautelar que las colmenas se encuentren en un hábitad óptimo para su supervivencia.

Actualmente, los apicultores deben viajar largas distancias para realizar inspecciones a las colmenas, que se encuentran ubicadas en zonas rurales, donde existe mayor floración que sirve como alimento para las abejas, ya en el apiario, el apicultor debe prepararse con ropa adecuada, como medida de protección frente a la picazón de las abejas, el siguiente proceso empieza con el monitoreo de forma manual, revisando una a una las colmenas en busca de indicadores, que le permita decidir al apicultor si, la colmena se encuentra sana o en peligro. Una colmena en peligro es un claro indicativo que las abejas no se encuentran en un hábitad adecuado, que no permite el correcto desarrollo en sus obligaciones, las abejas al no encontrarse en un hábitad adecuado, tienden a estresarse, el estrés en las abejas se produce

cuando por tiempo prolongado se realizan acciones extras a sus labores habituales (Valega, apiservices, 2021) , como por ejemplo, si existe una variación de temperatura dentro de la colmena ,las abejas por instinto actúan en busca de solucionar el problema, ellas consumen mayor energía a la habitual realizando las siguientes acciones, mientras la temperatura ambiente es excesivamente baja, las abejas se organizan y agrupan ,con el objetivo de generan calor metabólico para calentar la colonia, caso contrario ,cuando la temperatura es relativamente alta ,las abejas proceden a enfriar la colonia efectúan un movimiento en forma de abanico (Martínez, 2018) , otro factor que interviene en el crecimiento de las larvas es la humedad, por lo tanto, si el porcentaje de humedad es menor 80%, no se realiza la incubación los huevecillos, esto se produce por falta de una correcta ventilación y aireación de la colmena, asimismo, el apicultor al realizar las inspecciones a las colmenas en sentido de precautelar su habitad , realmente causa malestar a las abejas, dañando su habitad ,ocasionando que las abejas reparen el daño causado ,forzando a realizar un labor extra al habitual , ocasionando estrés en ellas. El estrés en las abejas produce un alto consumo de proteínas y a su vez la disminución de la longevidad de las mismas (Valega, apiservices, 2021), por tal motivo es necesario aportar a preservar un ecosistema optimo dentro de las colmenas.

Frente a este problema se pretende realizar un sistema que sea capaz el apicultor de monitorear y diagnosticar la colmena de manera remota, se pretende colocar sensores en puntos estratégicos dentro y fuera de la colmena, los sensores estarán conectados en los pines de entrada del microcontrolador, se configurara el microcontrolador para que los sensores capturen datos en periodos establecidos, los datos obtenidos referente a temperatura, humedad, peso, serán reenviados hacia la plataforma en la nube, mediante el protocolo IoT para la comunicación entre la WSN y la capa Aplicación, Se utilizara una plataforma como servicio PaaS ,que es una categoría del Cloud Computing ,en la cual la plataforma brindara

servicios en la nube permitiendo que los usuarios y desarrolladores creen aplicaciones, es necesario seleccionar una plataforma que presente la capacidad de almacenar los datos que son obtenidos desde los sensores, además la información será presentada al usuario a través de una aplicación Android y aplicación Web en donde el apicultor podrá acceder a los datos y conocer sobre la condición actual de la colmena de forma remota, optimizando el tiempo del apicultor y precautelando el hábitat óptimo para las abejas.

### **1.3. Objetivo**

### **1.4. Objetivo General**

Diseñar un sistema de monitoreo y diagnóstico del estado de salud de las colmenas mediante la implementación de sensores IoT para evitar pérdidas de colonias por estrés de las abejas

### **1.5. Objetivo Especifico**

- Analizar los factores que inciden directamente en la salud de la colmena provocando el estrés de la colmena y como consecuencia la pérdida de la colonia.
- Diseñar el prototipo basado en la arquitectura IoT, por medio del uso de sensores correctamente seleccionados que satisfagan las necesidades del sistema, colocados en la colmena, que permitan obtener los datos periódicamente sobre las condiciones del hábitat de las abejas.
- Incorporar la plataforma de Cloud Computing para el control, procesamiento y analítica de los datos, además que la información se encuentre segura, almacenada, actualizada y disponible de forma remota.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema, que permita contrastar el método habitual con la nueva propuesta, con la finalidad que el apicultor pueda verificar el estado de la colmena de manera remota a través de una aplicación WEB.



## 1.6. Alcance

Para desarrollar un sistema es preciso seguir una metodología de desarrollo que permita satisfacer las necesidades del usuario, por lo tanto, se ha escogido el modelo de arquitectura IoT, que describe la estructura de solución IoT, donde incluyen los aspectos físicos como sensores para recoger datos y aspectos virtuales como la plataforma de aplicaciones y los protocolos de comunicación, este enfoque ayuda a gestionar la complejidad de las soluciones IoT.

El sistema a desarrollar tiene como objetivo de realizar un monitoreo y diagnóstico del hábitat de las abejas, para lo cual, como primera etapa se recopilará la información sobre los factores que intervienen en el hábitat, desarrollo y como precautelar la salud de la colmena, además de todos criterios importante para el desarrollo de la investigación, como siguiente etapa diseñar el prototipo para lo cual necesitamos basarnos en las capas de hardware, software y aplicación.

En la capa de hardware se debe seleccionar correctamente los sensores, microcontroladores a utilizar para el monitoreo de la colmena mediante benchmark. En la capa de software, se debe seleccionar la plataforma para el almacenamiento análisis y visualización de los datos a través de ISO/IEC/IEEE 29148. En la capa de automatización mediante el proceso de implementación y unión de los módulos, se realizará pruebas de funcionamiento para garantizar todos los requerimientos establecidos.

Como primera etapa, se realizará el levantamiento de información mediante un estudio teórico, que permita conocer los mecanismos que realizan las abejas para mantener la temperatura dentro del rango adecuado, el mecanismo de generación de calor tiende a producirse cuando la temperatura del mismo desciende hasta los 14°C y el mecanismo de disipación de calor cuando supera los 35°C, al existir crías en desarrollo, la temperatura

recomendada para la crianza de larvas es de 34°C. (Coppa, 2001) El mecanismo para generar calor se activa, si la temperatura desciende, el racimo de abejas se contrae y realizan un movimiento con sus alas en forma de vibración que produce calor, mientras en el centro del racimo, la temperatura se mantiene a 14°C, en la periferia las abejas pueden estar a 6°C y mueren cuando la temperatura desciende por debajo de los 6°C. (Coppa, 2001). Caso contrario si hay un incremento excesivo de temperatura, las abejas desarrollan una actividad con las alas de forma que intentan ventilar la colmena. Otro factor que afecta a la colmena es el exceso de humedad, particularmente en invierno, provoca un disturbio sustancial en la vida de la colonia, por lo que es importante que la humedad se establezca alrededor del 65%. El riesgo es que el néctar no alcance a perder la humedad suficiente para transformarse en miel y permanezca con un contenido de agua excesivo, esto podría fermentar la miel, si en el interior de la colmena no se encuentra suficientemente ventilado, el néctar se acidifica, toma un olor avinagrado y, si las abejas lo consumen, les resulta mortal. Recordemos que el racimo invernal internamente trata de mantenerse por encima de los 14°C, por lo tanto, la temperatura de fermentación coincide con la del racimo. (Coppa, 2001). En lo referente a la producción de miel, La Asociación de Apicultores de Pichincha (Adapi), que agrupa a 82 integrantes, genera en promedio 35 kilos de miel por colmena. La producción de una colmena varía según su salud y sanidad, por lo tanto, la producción en cada territorio dependerá también de la floración y clima, desde 12 kilos zonas con escasa de vegetación a 35 kilos en zonas con abundante vegetación. (Ecocolmena, 2021)

En la capa de hardware se ha identificado anteriormente los factores que serán medidos, que influyen en la salud de la colmena, se procede a la seleccionar los sensores adecuados, mediante el criterio de evaluación que son: fiabilidad, estabilidad, tiempo de respuesta, precisión, disponibilidad y precio, de esta manera se realizará un benchmark completo que permita satisfacer los objetivos planteados anteriormente. Para realizar el

benchmark se debe recalcar los parámetros que van a ser medidos, son temperatura, humedad y peso, indicado los factores a medir y los criterios de evaluación, se procede a analizar las características técnicas de cada sensor, seleccionando el que presente mejor puntuación en la evaluación, además de compatibilidad con el hardware. Mediante este método se puede evaluar cualquier sensor una vez indicando los criterios de evaluación. Del mismo modo, para la elección del microcontrolador se realizará un benchmark que tendrá los siguientes criterios a evaluar: voltaje de operación, consumo de corriente, pines de entrada y salida digitales, pines analógicos, conexión a internet, tamaño, y precio, estos criterios de evaluación permitirán elegir el microcontrolador que permita cumplir con los requerimientos planteados

Una vez seleccionado los sensores a implementar, se conecta el sensor de temperatura, humedad relativa, peso y ventilación a los pines digitales y analógicos correspondiente del microcontrolador. El sensor de temperatura permitirá el monitoreo dentro y fuera de la colmena en tiempo real y se envía de manera digital los datos obtenidos al microcontrolador, y el sensor de peso será colocados en cada una de las esquinas bajo el soporte de la colmena ,se enviara datos digitales hacia el microcontrolador, permitiendo conocer si la cantidad de miel y población aumentan dentro de la colmena, el servomotor se encarga de girar permitiendo ventilar la colmena en temporadas de exceso de calor y abrigar a la colmena en temporadas frías ,dependiendo de la temperatura interna de la colmena realizara el proceso indicado, se realiza el monitoreo y envió de datos en periodos programados ,en lapsos que la actividad de la colmena sea alta. El microcontrolador debe contar por lo menos de 6 pines digitales y 1 pin analógico para conexión de los sensores al microcontrolador, además de conectarse a internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica para el almacenamiento, procesamiento, visualización de los datos en la nube.

En la capa de software mediante el estándar IEEE29148 que se utiliza para la especificación de requerimientos de software. Los criterios a evaluar son, disponibilidad de librerías para sensores y plataformas IoT, compatibilidad de protocolos de internet, gratuita para la utilización del software, almacenamiento de información, procesamiento de datos visualización de datos y tipo de servicio a utilizar. La plataforma debe permitir la conexión de dispositivos IoT con la plataforma en la nube, en consecuencia, la información medida a través de los sensores y enviado a través del microcontrolador hacia la plataforma en la nube, debe ser almacenada en la plataforma. Se diseñará una aplicación WEB para el usuario, el usuario tendrá que autenticarse ingresando el Username y Password, Una vez ingresado, el usuario podrá realizar distintas peticiones de la información almacenada en la base de datos, así el usuario podrá observar la información actualizada de la colmena donde el sistema este implementado.

En la capa de aplicación se realiza pruebas que permitan asegurar la calidad indispensable para un proyecto de desarrollo de IoT, primeramente, realizar pruebas que aprobar el correcto funcionamiento de cada módulo por separado. Y seguido realizar la integración del módulo de monitoreo y módulo de cloud. Con el objetivo de comprobar la integración y el funcionamiento correcto de las interfaces entre los distintos subsistemas que lo componen, asegurar la operación de manera homogénea con el resto de sistemas de información. El sistema inicia al enviar los diferentes datos medidos desde los sensores y posteriormente ser procesados y almacenados en una base de datos en la plataforma elegida, el usuario conseguirá verificar las mediciones mediante la aplicación WEB, y verificar que las notificaciones de advertencias aporten favorablemente en el cuidado de la salud de la colmena. Realizar inspecciones a la colmena luego del periodo de implementación, con el objetivo de verificar las ventajas obtenidas con el sistema implementado al método habitual utilizado por el apicultor, esto permite verificar si los propósitos de la investigación brindan

resultados positivos. El sistema será implementado en el apiario del Señor Luis Rigoberto Pambaquishpe Ibadango, que se encuentra ubicado en el sector de Imbaya, dicho sector presenta abundante vegetación que es utilizado como alimento para las abejas y es un lugar adecuado para el desarrollo de la investigación.

### **1.7. Justificación**

Las abejas son parte de los varios insectos con los que compartimos la vida en el planeta, estos insectos presentan un impacto crucial en el ecosistema, La Organización de las Naciones Unidas (ONU), menciona que, el 75% de los cultivos a nivel mundial como frutas, hortalizas y semillas que se consumen diariamente, depende de la polinización de estos insectos. (ONU, 2020) Su función es polinizar vegetales en terrenos o lotes próximos a las colmenas, este proceso coopera de manera directa a la recuperación de la biodiversidad, en este proceso ,intervienen agentes polinizadores que transportan el polen de flor en flor, permitiendo la fertilización de las plantas, esta sucesión de etapas tiene como efecto la germinación de semillas y el crecimiento de frutos, es decir sin abejas no existir alimentos , cabe recalcar que las abejas son los únicos animales sobre el planeta tierra que tienen la capacidad de producir miel y cera ,la cual está compuesto por varios nutrientes y vitaminas que son muy provechosas para el consumo del ser humano.

La apicultura es una actividad que el apicultor se involucra en el cuidado de las abejas melíferas dentro de las colmenas, con el objetivo de producir productos como miel, el propóleo, el polen, la cera, la jalea real, etc., que posteriormente serán comercializado logrando así obtener un sustento económico para su familia. Esta actividad necesita de tiempo, dedicación, mano de obra y fuerza de trabajo, por consiguiente, se puede deducir que la apicultura es una técnica con la cual se pueden obtener un ingreso económico extra en varias familias rurales. De modo que la apicultura puede ser beneficiosa tanto para el apicultor y el ecosistema, demostrando que va mucho más allá de una simple técnica para

obtención de productos, sino también apoyando al sustento del ecosistema. (Agrocalidad, 2020)

Por lo tanto, el proyecto plantea precautelar el ciclo de vida y preservación de las colonias de abejas, sobre los posibles problemas por variaciones de factores climáticos o naturales, que afecten al hábitat y provoque la pérdida de la colmena. De tal modo que, el sistema permitirá que el apicultor permanezca actualizado sobre el estado que se encuentra la colmena, por medio de una red de datos, el origen de la información será obtenida por sensores IoT que no interfieren en la vida cotidiana de las abejas, la información se encontrará almacenada y actualizada en una plataforma en la nube, El apicultor tendrá la capacidad de visualizar las mediciones remotamente conectándose a la plataforma en la nube , sin la necesidad de viajar hasta la ubicación y monitorear físicamente cada una de ellas.

Además de ello se tendrá como resultado observar las variaciones de los factores medidos, estos factores relacionados directamente con los niveles de productividad, tamaño del colmenar y enjambrazón de las abejas, realizando un énfasis en la factibilidad del sistema en alertas tempranas o advertencias sobre posibles amenazas que puedan afectar a la colmena en general.

## Capítulo 2 Fundamento Teórico.

En primera instancia se hablará sobre la técnica la apicultura, importancia y los beneficios que con lleva realizar esta actividad, posterior se explicara cómo está conformada una colonia y cada una de las funciones que realizan cada abeja en favor del desarrollo de la colmena, el habitat de las abejas llamadas colmenas, las cuales son especialmente elaboradas con medidas específicas de acuerdo al modelo de la colmena y la estructura física de la misma, la colmena de abejas también se enfrenta a diferentes tipos de amenaza que ponen en peligro el desarrollo de la colmena afectando directamente a las abejas, para lo cual un tipo de amenaza que se enfrenta las colonias de abejas es el estrés y sobreexplotación que provocan la reducido de su tiempo de vida a causa de un consumo de energía extra a la natural, esta amenaza aparece debido a factores como la humedad temperatura y constantes revisiones al colmena por parte del apicultor, ponen en riesgo la supervivencia de la colmena, para lo cual con el desarrollo del sistema se pretende mitigar estos factores negativos ,aportando al tener ambientes óptimo de salud al interior de la colmena y las abejas eviten sentir estrés prolongando su tiempo de vida y logrando como resultado un incremento en la población de abejas y consecuentemente un incremento en la producción de miel.

### 2.1. Apicultura

La apicultura es una técnica que se basa en la crianza y cuidado de las abejas que posteriormente formaran parte de la colmena, durante procesos, en el que interviene las abejas, se llega a obtener productos como propóleo, cera, miel, jalea real y polen. (JEAN-PROST, 2007)

El lugar donde habitan las abejas se las conoce como apiario, las cuales se dividen en tres grupos que son, abejas reina, zánganos y obreras, cada uno de estos grupos de abejas tiene funciones específicas dentro de la colonia. El proceso de producción de miel tiene un

tiempo de duración de aproximadamente 3 semanas, se debe tomar en cuenta que, dependiendo del número de población de abejas dentro de la colmena, se tiene como resultado un aumento o disminución de la producción de miel y jalea, y esto a su vez obtener productos derivados de la miel.

### **2.1.1. Importancia**

Las abejas melíferas son insectos que viven en colonias, tienen roles muy importantes como es la polinización de las flores para ser fecundadas, por lo que aparte de ser insectos productores de miel, son una ayuda potencial para la producción agrícola.

Hugo Rosero, responsable del Programa Nacional Sanitario Apícola de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del Agro (Agrocalidad), entidad adscrita al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), menciona que “el propósito del Plan Estratégico 2015 – 2020, es fortalecer la población apícola en el país, el Ecuador tiene tremendo potencial para la apicultura; son 200 mil colmenas y en la actualidad tenemos apenas 912 explotaciones apícolas con 12.188 colmenas catastradas”. (Ganadería, 2021)

Es importante informar a la comunidad sobre el rol que realizan las abejas como apoyo en la agricultura y la salud, haciendo énfasis, que las abejas no son enemigas de la agricultura, al contrario, se debe considerar los beneficios que se obtiene al trabajar a la par, estos insectos permiten que agricultores y apicultores logren optimizar la producción a nivel nacional. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) estableció tres ejes estratégicos para ello: asistencia técnica, transferencia de tecnología y créditos financieros. Para ello Guido Carlozama, representante de Apícola Imbabura, menciona que, “La apicultura es un área muy productiva. Solo hay que manejar las líneas, educar a las personas para que puedan hacer un mejor manejo del sector y obtener mayor rentabilidad”. (Lideres, 2018)



### **2.1.2. Beneficios**

La apicultura es una técnica que se ha ido desarrollando por largo tiempo, existen técnicas que con el tiempo se van perfeccionando con el propósito de ayudar en el monitoreo, cuidado y protección de las abejas.

El cuidado y protección de estos insectos posee varios beneficios como son:

- La polinización es una parte importante que realizan las abejas para la fabricación de miel, además de ellos protege estabiliza y mantiene un ecosistema que ayuda a la productividad agrícola.
- El nuestro país el clima cuenta con una vegetación abundante y variada que ayuda enormemente con el desarrollo de esta actividad
- Es un punto importante para que continúe la vida sobre el planeta tierra, debido a que se encarga de polinizar plantas salvajes o cultivadas.
- Las personas además de degustar la miel por su exquisito sabor, también se le utiliza en otra área como la medicina
- En algunas partes los productos obtenidos de la apicultura son aplicados en la apiterapia.

## **2.2. Abejas**

### **2.2.1. Definición.**

Dentro de una colmena de abejas se puede decir que existen 3 clases de insectos emparejados y organizados de tal manera que cada clase trabaja en cooperación con el resto, por lo tanto, las abejas necesitan para sobrevivir, cooperar entre todas para mantener una colonia fuerte. Las abejas dentro de las colonias, se dividen en tres clases o castas que son: reina, zángano y obrera. Cabe recalcar que estas castas nacen de los mismos tipo de huevos, pero varía en su fecundación, para el nacimiento de una abeja reina u obrera, nace a partir de

un huevo fecundado y la diferencia entre las dos castas radica en el tipo de alimentación que recibe la larva, mientras que los zánganos nacen de los huevos no fecundados. (Ravazzi, 2017)

### 2.2.2. *Reinas.*

Para identificar una reina dentro de la colmena, básicamente se puede distinguirla a las demás por el largo de su abdomen como se observa en la Figura 1, la abeja reina en la colonia es la única hembra fértil dentro de la colonia, y tiene tareas específicas como:

- Poner huevos en la colmena para asegurarse la continuidad de la colonia, y su vez esto conlleva al aumento de la población de abejas, produciendo una colmena fuerte.
- Para mantener la cohesión de la colmena es importante que la reina produzca feromonas que son distribuidas por las obreras

Dentro de una colonia solo existe una única abeja reina, la cual es remplazada en algunos casos por motivo de muerte, edad, cuando se pretende enjambrar (dividirse). En los casos mencionados la colonia tiene que dedicarse a criar una nueva abeja reina para ser asignada como nueva reina de la colonia. La reina a los 6 días del nacimiento alcanza la madurez sexual. Y su tiempo de vida es de aproximadamente de 3 años, por lo tanto, es la clase más longeva de la colonia. (Ravazzi, 2017)

### **Figura 1**

*Abeja Reina de la Colmena.*



*Nota.* Única abeja hembra capaz de colocar huevos fecundados en la colmena. Tomada de Abeja reina [Fotografía], Coronaapicultores,2013, [www.coronaapicultores.com](http://www.coronaapicultores.com)

### **2.2.3. Zánganos.**

Los zánganos representada en la Figura 2, dentro de la colonia son el sexo masculino, poseen la única función de fecundar a la reina mientras vuelan. Estos insectos tienen la característica de no poseer aguijón, mientras que, si poseen unos grandes ojos, y son de un tamaño superior a las obreras y nacen de huevos no fecundados que son puestos por la reina u obreras, en una celda mayor a las utilizadas para los huevos de las obreras. La presencia de zánganos dentro de la colmena se relaciona con el número de abejas en la colonia, si es una colmena muy poblada se puede observar uno cuantos cientos, es importante que mencionar que pueden ser expulsados de la colmena debido a que el flujo de néctar dentro de la colmena disminuye, pero si dentro de la colmena existe una abeja reina virgen son permitidos permanecer en la misma. (Stevens, 2020)

### **Figura 2**

*Abeja Zángano de la Colmena.*



*Nota.* Única abeja macho capaz de fecundar a la reina de la colmena. Tomada de Abeja Zángano [Fotografía], Coronaapicultores,2013, [www.coronaapicultores.com](http://www.coronaapicultores.com)

#### 2.2.4. Obreras.

El sistema reproductor de las abejas obreras no es funcional para la reproducción, por esto las obreras son consideradas las hembras infértiles de la colonia, su tamaño es menor en relación con la abeja reina, dentro la colmena se pueden encontrar cerca de 10.000 a 70.000 abejas de esta clase. Otro punto importante de esa clase de abeja es que el tiempo de vida está directamente relacionado con la época del año en que nació, es decir que su periodo donde muestra mayor actividad en favor de la colonia es de entre 4 y 5 semanas en donde, mientras que en verano el tiempo de vida promedio aumenta a 65 días e invierno está en el rango de 90 a 120 días. La abeja obrera como indicada en la Figura 3, presenta una biología sorprendente, que a lo largo de toda vida cambian de tareas dentro de la colonia, dependiendo de las necesidades dentro de la colonia las obreras que van envejeciendo van cambiando de tareas dentro de la misma, las tareas que le son asignadas son secuenciales y reciben el nombre de polietismo temporal. En los casos cuando la reina se pierde o muere, las feromonas que segregaba la reina tiende a desvanecerse por lo que, la feromona real tiene un efecto sobre los ovarios de las abejas obreras que no permiten su desarrollo, entonces cuando se reduce la presencia de la feromona real, algunas abejas obreras conocida como ponedoras, activan sus ovarios y empiezan a poner huevos no fecundados. (Stevens, 2020)

#### **Figura 3**

*Abeja Obrera en la Colmena*



*Nota.* Abeja hembra encargada de recolección del néctar y producción de miel. Tomada de Abeja obrera [Fotografía], Coronaapicultores,2013, [www.coronaapicultores.com](http://www.coronaapicultores.com)

### 2.3. Colmena

Una colmena como muestra la Figura 4, es un espacio construido por el hombre y colocados en lugares específicos con el objetivo de ser utilizados como albergue de una colonia de abejas. Son viviendas artificiales que son fabricados de diferentes elementos como por ejemplo paja trenzada, madera, corcho, cerámica o incluso plástico. (Magen, 2016)

#### Figura 4

*Colmenas de Abejas*



*Nota.* Las colmenas son elaboradas por el hombre colocadas en lugares estratégicos y usadas como albergue de colonias de abejas. Tomada de colmena [Fotografía], MAES HONEY, 2021, [www.maeshoney.com](http://www.maeshoney.com)

#### 2.3.1. Características de la colmena

Para el buen manejo en la apicultura, es necesario que las colmenas racionales cumplan algunos requisitos:

- Se debe respetar el espacio-abeja en su interior: 9 mm.

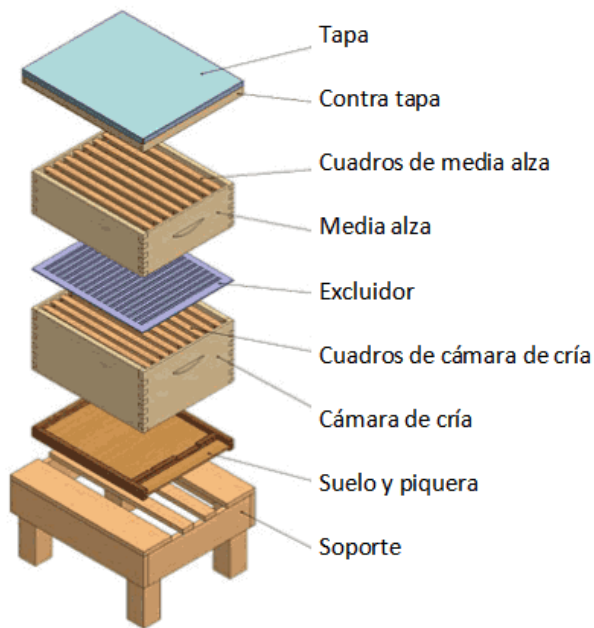
- Extracción y revisión de todos los cuadros sin dañar ninguna celda, derramar miel y alterar a las abejas.
- Cierre el máximo hermético posible para que las abejas puedan controlar la temperatura y humedad internas de la colmena y evitar el pillaje, que es el hurto que realizan las abejas de una colmena a otra.
- Debe permitir el uso de cera estampada.
- Facilidad en el reemplazo de los cuadros.
- La piquera se debe poder ampliar, disminuir y cerrar para proteger la colonia del pillaje y para el transporte, sin que las abejas trabajen en exceso.
- Sus partes tienen que ser lo más estandarizadas y exactas posible, para poder intercambiarlas con otras colmenas.
- Coste moderado

### **2.3.2. Partes de la Colmena.**

A continuación, se detalla cada una de las partes que integran la colmena, como se muestra en la Figura 5.

#### **Figura 5**

*Estructura de colmena*



*Nota.* Las colmenas están diseñadas por diferentes partes móviles e intercambiables y la madera típica usada es el pino, Tomada de Tipo de Colmenas [Fotografía], Ecocolmena, 2020, [www.ecocolmena.org](http://www.ecocolmena.org)

### **2.3.2.1. Base o Soporte.**

Se encuentra en el inferior del apiario como se muestra en la Figura 5, es una base estable, su función es de actuar como soporte de la colmena, para posteriormente dirigirse al lugar donde se coloque la colmena. Una medida ideal podría ser de 45 a 50 cm de altura. (Jimenez, 2017)

### **2.3.2.2. Piquera.**

Es una tabla, que cuenta con ranuras diseñada, estas a su vez tapan parcialmente la entrada hacia la colmena, como un tipo de seguridad para la colonia. (Jimenez, 2017)

### **2.3.2.3. Cámara de Cría.**

Es un cajón como se observa en la Figura 5, que sirve como soporte para colgar 9 o 10 cuadros que dependiendo de su ubicación cumplen una tarea específica, por ejemplo, si

está en la parte de arriba, se utiliza para la miel, mientras que si encuentran en la parte baja, se utiliza como cámara de cría. La altura de las alzas es definida por el apicultor, no deben ser muy grandes o pequeñas, esto es debido a que se debe pensar al peso de la miel cuando estén llenos y el tamaño de la cámara para la cría. (Jimenez, 2017)

#### **2.3.2.4. Marcos o Cuadros.**

Los cuadros se utilizan como soporte de los cuadros de cera y son colocados dentro de las alzas, estos cuadros son construidos con 4 palos de madera. Los cuadros se encuentran suspendidos, de manera perpendicular a las alzas, y tiene su respectiva separación que permiten que las abejas ingresen a los cuadros como se observa en la Figura 5. Algunos apicultores deciden fabricarlos de plástico debido a su fácil sustitución. (Jimenez, 2017)

#### **2.3.2.5. Rejilla Excluidora.**

Tiene la forma de un bastidor como se muestra en la Figura 5, echo de madera que tiene un entrelazado de alambre con separaciones de 4.2 mm que se utiliza para que la reina no pueda ingresar a la parte superior de la colmena a colocar huevos y solo permita el paso de las abejas obreras. (Jimenez, 2017)

#### **2.3.2.6. Contra Tapa.**

Esta tapa es utilizada con el objetivo que, dentro de la colmena, la temperatura sea muy alta, mediante el uso de este bastidor de madera se logra dejar un espacio como medida de ventilación para la colmena como se observa en la Figura 5. (Jimenez, 2017)

#### **2.3.2.7. Tapa.**

La tapa o cubierta superior como se observa en la Figura 5, es elaborada por un bastidor de madera fuerte, plancha capadura y parafina con resina, esta tapa o cubierta tiene que ser muy resistente ante las inclemencias del tiempo. El área de la cubierta es decisión del apicultor tomando en cuenta la frecuencia de presencia de sol y lluvia. (Jimenez, 2017)



### **2.3.3. Tipo de Colmena.**

Analizando por el método de elaboración, existen dos tipos: colmenas fijas y movilista.

#### **2.3.3.1. *Colmenas Fijas.***

Los panales están hechos por las abejas dentro de la colmena y pegados a sus paredes. Se construyen habitualmente en troncos huecos, vasos de corcho, cestos de mimbre o campanas de paja. Este tipo de colmenas constituyen el primer albergue de la apicultura y, actualmente, ya casi no se emplean, debido a que no se puede inspeccionar la colmena y provocan estrés a las abejas al extraer la miel. (Magen, 2016)

#### **2.3.3.2. *Colmena Movilista.***

##### **2.3.3.2.1. *Definición***

En su interior presenta unos cuadros móviles donde se sitúan los cuadros permitiendo su explotación sin la destrucción del nido de cría. Dentro de las colmenas movilistas existen muchas variantes, pero se utilizan, básicamente tres modelos. En la Tabla 1 se detalla las características de cada uno de los tipos de colmenas movilistas. (Magen, 2016)

##### **2.3.3.2.2. *Colmena Layens.***

Este tipo de colmena como se muestra en la Figura 6 se caracteriza porque cuando la colonia es abundante y necesita expandirse, para mayor producción de miel, lo realiza de forma horizontal, y es fácil de transportar y manejar. (Magen, 2016)

### **Figura 6**

*Tipo de colmena Layens*



*Nota.* Este tipo de colmenas utilizan la misma área como cámara de cría y de miel. Tomada de Tipo de Colmenas [Fotografía], abejapresumida, 2017, [www.abejapresumida.com](http://www.abejapresumida.com)

#### **2.3.3.2.3. Colmena Dadant.**

Se trata de colmenas de tipo industrial ,su crecimiento se realiza en forma vertical, su desventaja es que los cuadros con los cuadros de cría son de diferente tamaño, por tal motivo no se pueden intercambiar, tal como se muestra en la Figura 7. (Magen, 2016)

#### **Figura 7**

*Tipo de colmena Dadant*



*Nota.* Este tipo de colmenas presenta una cámara destinada a la producción. EL tamaño de los cuadros de la producción son la mitad del tamaño de la cámara de cría. Tomada de Tipo de Colmenas [Fotografía], abejapresumida, 2017, [www.abejapresumida.com](http://www.abejapresumida.com)

#### **2.3.3.2.4. Colmena Langstroth.**

Este tipo de colmena como se muestra en la Figura 8 tiene más acogida para pequeños productores de miel, debido a que las colmenas presentan una mejor adaptación a terrenos irregulares y su crecimiento se realiza de forma vertical. Además, que están conformados con módulos internos que permite una revisión más detallada de la condición de los cuadros . (Magen, 2016)

### **Figura 8**

*Tipo de colmena Langstroth*



*Nota.* Este tipo de colmenas presenta una cámara destinada a la producción. EL tamaño de los cuadros de producción es igual a los de cuadros de la cámara de cría. Tomada de Tipo de Colmenas [Fotografía], abejapresumida, 2017, [www.abejapresumida.com](http://www.abejapresumida.com)

### **Tabla 1**

*Características sobresalientes de los tipos de colmenas movilizadas.*

| Características           | Colmenas Layens                    | Colmenas Langstroth  | Colmenas Dadant  |
|---------------------------|------------------------------------|--|--|
| Numero de cuadros         | 12                                 | 10   | 10   |
| Cámara de crías (cm)      | Largo: 49<br>Ancho: 35<br>Alto: 31 | Largo 46<br>Ancho: 37<br>Alto:23   | Largo: 52<br>Ancho: 45<br>Alto: 32<br>Alza<br>Largo: 52<br>Ancho: 45<br>Alto: 17   |
| Dimensión del cuadro (cm) | Longitud: 30<br>Altura: 35         | Longitud: 42<br>Altura: 20   | Cámara de cría<br>Longitud: 42<br>Altura: 27<br>Alza<br>Longitud: 42<br>Altura: 13   |
| Ventajas                  | Fácil manejo<br>Fácil transporte   | Es la más utilizada<br>posibilidad de modular el volumen.<br>Cuadros de la cámara de cría y alza son iguales, facilitando las operaciones de manejo. | Control de enjambrazón.<br>Tamaño correcto de la cámara de cría, evitando el traspaso al alza de la reina.<br>Correcto manejo de los cuadros del alza. |

---

|                |  |  |   |
|----------------|--|--|---|
|                |  | La extracción de la miel es más fácil. Duración prolongada.  | Correcta extracción de miel   |
|                |  | Limpieza fácil tamaño de la piquería variable  |   |
| Inconvenientes | Colmena pequeña. puede solucionarse añadiendo media alza. Sin garantizar en los tratamientos sanitarios. Dificil extracción de miel. | Precio elevado. Dificil transporte. Cámara de cría pequeña. Ventilación escasa. Requiere conocimiento para su manejo | Precio elevado. Cuadros no intercambiables, difícil manejo de los cuadros de cría. Transporte pesado. |

---

*Nota.* Se muestra los tipos de colmenas movilista, cada una con sus propias características, dimensiones, ventajas y desventajas. Adaptada de “Curso de Apicultura” por Todomiel, 2015, [www.todomiel.com.ar](http://www.todomiel.com.ar)

Ya habiendo comprendido que tan relevante es realizar la técnica de la apicultura para el ambiente y como aporte económico por las ventas de los productos finales, también se comprendido como está constituida la colonia de abejas y la función que realiza cada una de ellas, además de conocer como es la estructura física de la colmena y cada una de sus partes

que la constituyen, es necesario comprender la importancia de tener una colmena saludable y sus posibles amenazas que enfrentan estos insectos y como afectan estos factores negativamente al hábitat de poniendo en riesgo su supervivencia.

#### **2.4. Salud de la Colmena.**

Una colmena saludable se encuentra estable cuando la temperatura se conserve al interior de las colmenas, además se encuentre ventilado de manera correcta para que no se caliente en demasía al interior de la colmena, igualmente es muy esencial que las abejas tengan un ingreso de néctar, como pueden ser las proteínas del polen de los árboles, y mientras mayor cantidad de abejas exista en la colmena, recolecta más polen y néctar, por lo que una colmena grande y fuerte puede tener alrededor de 36.000 abejas y la mitad de las abejas se dedicarán a la función de recolectar polen y néctar, por lo cual es importante que mientras mayor poblada se encuentre la colmena, se tendrá mayores abejas pecoreadoras.

##### **2.4.1. Posibles Enfermedades de la Colmena.**

- **Productos tóxicos.** Los productos químicos como plaguicidas y herbicidas utilizados en la agricultura son las principales amenazas para las colonias de abejas, Productos que contengan neonicotinoide, principal químico que afecta al sistema nervioso de las abejas provocando su deceso. El polen y néctar contaminados con este químico provoca que las abejas se envenenen y toda la colonia es afectada.
- **Enfermedades y parásitos.** La colonia se pierde o debilita debido a parásitos y enfermedades, en la apicultura existe un acaro conocido como Varroa, provocando una enfermedad llamada varroosis, afectando a las abejas reinas, zánganos y obreras, la enfermedad aparece a nivel mundial, Afecta directamente a las colonias de abejas melíferas.

- **Especies invasoras.** Existen especies invasoras como las avispas asiáticas, su principal alimento es la miel de abeja, afectando al alimento de la colmena.
- **Cambio climático.** A causa del cambio climático, ha existido un aumento de temperatura, cambios en las precipitaciones y fenómenos meteorológicos extremos, estos problemas presentan un gran impacto a las abejas y como última instancia, a toda la colonia.
- **Sobre-explotación y estrés.** Se puede definirlo como un estado cercano a la enfermedad que aparecen en un organismo al ser sometidos a esfuerzo superior al normal o por un tiempo prolongado.

#### ***2.4.2. Factores Físicos Importantes para el Funcionamiento de la Colonia.***

Factores físicos que intervienen en el funcionamiento y son muy importantes para la productividad de miel:

##### ***2.4.2.1. Espacio-Abeja en la Colmena.***

La abeja para tener un habitat adecuado, es decir debe poseer un espacio requerido de 9mm, ya que, si el espacio es más pequeño, las abejas por instinto lo encierran con propóleo, pero por el contrario si el espacio es muy grande, tienden a construir un panal allí. Por lo tanto, las medidas dentro de la colmena deben ser estandarizadas para su construcción, debe existir la distancia indicada entre cuadrados y pisos de alzas. (Coppa, 2001)

##### ***2.4.2.2. Regulación de la Temperatura.***

Las abejas tienen una técnica que permite regular la temperatura del nido alrededor de los 35 °C. Esta técnica lo logran trabajando en equipo, de forma colectiva, mueven sus músculos torácicos, dichos músculos permiten el movimiento de sus alas. Por lo tanto, es necesario trabajar en forma colectiva con la colonia porque una abeja por sí sola no es capaz de mantener la temperatura necesaria. Existe momentos cuando temperatura varía lo

suficiente, las abejas realizan técnicas a favor de la colonia para aumentar a temperatura. Cuando e esta comprendió entre 15 y 30 °C , las abejas tienden a realizar el movimiento con sus alas provocando que el calor se disperse por toda la colmena e incluso cierran las entradas y fisuras que existan , para evitar que el calor salga de la colmena, al realizar esta actividad existe mayor consumo de alimento .Cuando el rango es menor de 14 °C , se deja a un lado la actividad de tener crías y de buscar alimento y sobreviven con el alimento que tienen dentro de la colmena, además su forma para mantener el calor en la colonia es agruparse y de cierta manera las abejas del borde varían con las del centro , esto permite que las abejas del borde no mueran congeladas por el frio. Si el frio es intenso, el apicultor debe ayudar a la colonia colocando una pieza de madera en la piquera, evitando que el calor salga de la colmena. Si la temperatura esta sobre los niveles óptimos, las abejas se dispersan por la colmena y con sus alas ventilan las zonas húmedas, en casos que no fuese suficiente las abejas salen de la colmena y se ubican en racimos a frente de la misma. (Coppa, 2001)

#### **2.4.2.3. Regulación de la Humedad.**

Es muy importante comprender que la humedad exterior y la causada por las propias abejas metabolizando el alimento, brinda como resultado la humedad en el interior de la misma, y al encontrarse la humedad en altos rangos tienen a facilitar la aparición de hongos y bacteria, y a su vez dificulta la deshidratación del néctar recolectado. La entretapa y la piquera ayudan en la eliminación de humedad. (Coppa, 2001)

Frente a las posibles amenazas que se encuentra expuesta las abejas, la salud de la colonia se encuentra en peligro, por lo cual, al no intervenir en el cuidado las colmenas, se puede tener como resultado la reducción de la población o pérdida total de la colmena, además de comprender que existen factores físicos que intervienen el correcto funcionamiento de la colonia, por este motivo, los fenómenos físicos como temperatura,



humedad y espacio están ligados directa e indirectamente con la generación de estrés en las abejas y el cambio climático.

### **2.4.3. Estrés en la Colmena.**

En términos generales el estrés de abejas es explicado como un estado donde el organismo de las abejas se encuentran exigidas a un rendimiento superior del normal provocando en su organismo tienda a enfermar y por ende debilitar la colmena. El estrés se produce cuando el organismo se encuentra exigido o a un rendimiento superior por un tiempo prolongado. Cuando sucede estos casos, las abejas consumen mayor energía, por lo que las abejas se debilitan por la acción de esfuerzo, además que, abandonan sus roles importantes que cada una de ellas realizan como es el control sobre depredadores, parásitos, etc. (Ravazzi, 2017), a continuación las posibles causas de estrés en la colmena.

#### **2.4.3.1. Limitada Ventilación en Colmena e Intenso Calor.**

Es importante que la temperatura en el nido de la cría debe permanecer estable en el rango de 34 °C y 35 °C, la humedad debe permanecer constante en un 80 %. Las abejas tienen la capacidad de detectar la variación de temperatura a través de sus antenas que son utilizadas por ellas como termómetros que les indica dependiendo de la variación de temperatura variar su conducta, en el caso que la temperatura aumente dentro de la colmena las abejas tienen un comportamiento de ventilar y hacer circular el aire dentro de los paneles (Coppa, 2006). En el caso que la temperatura no disminuye las abejas empiezan a juntar gotitas de agua sobre los cuadros para que se evapore, esto técnica ayuda que la evaporación retire el exceso de calor que existe, en el caso del calor persiste, las abejas tienden a salir de la colmena colocarse en la parte de afuera de la colmena por debajo de ella para sombrearse y si es necesario las abejas tienden a ventilar desde afuera a toda la colmena, incluso hasta la noche. (Valega, Estres en las abejas, 2017)

#### **2.4.3.2. *Limitada Ventilación, Frío y Alta Humedad en el Nido.***

Las abejas tienen la capacidad de aumentar la temperatura dentro de la colmena a un calor adecuado para ellas, independientemente si el clima externo se encuentre frío. Como dispositivo de regulación, las abejas cuando detectan una reducción de calor dentro de la colmena de 14-12° C se agrupan en racimos. En algunas razas de abejas cuando el medio ambiente se encuentra en una temporada fría, se suspenden la puesta de huevecillos y se quedan sin nuevas larvas, este motivo se debe a que las crías necesitan más calor y humedad que una abeja adulta. Cuando detectan que la temperatura tiende a disminuir, las abejas se juntan formando un bolo que se compacta más y más a medida que la temperatura disminuye (Mendizábal, 2006). Las abejas tienen la facultad de realizar vibraciones que libran calor con el objetivo que aumente la temperatura dentro del bolo. El calor producido se origina por la combustión de alimentos, la combustión libera CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. La colmena tiene posibilidad de soportar el frío del ambiente, pero es muy difícil el control de la humedad en temperaturas bajas la humedad tiende a condensarse dentro de la colmena y no se evapora con facilidad. Por lo que es importante que la colmena tenga una buena ventilación externa y aireación interna y no se vuelva crítica la situación. Este problema provoca en la colonia estrés y a su vez permite el desarrollo de algunas enfermedades. (Valega, Estrés en las abejas, 2017)

#### **2.4.3.3. *Constantes Revisiones del Apicultor.***

El constante manoseo por parte del apicultor por conocer el bienestar de la colmena, al contrario que se piensa que está ayudando a la colonia, las abejas tienen que realizar un trabajo extra en reordenar y reestructurar la colmena, esto a las abejas les produce un trabajo extra, el aumento de actividades requiere un esfuerzo extra que se puede desarrollar en estrés. El mayor esfuerzo hace bajar las proteínas corporales, la longevidad y la vitalidad de la colonia. Además, cada vez que las abejas tienen que abandonar sus tareas habituales descuidan la defensa de la colonia del ataque de depredadores, parásitos, bacterias, hongos,

virus, etc. Se debe tratar de molestar lo menos posible a las colmenas si se desea buscar unos altos rendimientos en la producción de la colonia, con la intención de aumentar la producción de las colmenas se termina estresándolas. (Valega, Estres en las abejas, 2017)

#### ***2.4.4. Consecuencia del Estrés en la Colmena.***

Al existir un aumento de calor las abejas, ellas deben preocuparse en realizar la acción de ventilar para refrescar la colonia, debilitándolas y obligándoles a realizar tareas extras a su trabajo diario, en casos extremos de calor continuo la cría muere deshidratadas, los panales empiezan a derretirse, la abeja reina detiene la postura y la colonia todas sus funciones. Caso contrario si la temperatura tiende a reducirse lo suficiente, las abejas tienen de no colocar huevillos, porque las larvas requieren de mayor calor y alta humedad para que puedan sobrevivir comparado a una abeja adulta. (Coppa, 2001)

#### ***2.4.5. Métodos de Cuidado en la Colmena.***

El clima es posiblemente el factor más incidente en la producción de estrés dentro de la colonia, por tal motivo es necesario intervenir a favor de la colonia frente a los cambios climáticos, las abejas al encontrarse expuestas bajo un efecto prolongado de estrés, deciden detener la producción crías, esto permite reducir el gasto de energía y evitar el crecimiento de la población. Por tal motivo existen métodos que cooperan favorablemente alcanzar un hábitad óptimo para las abejas. Inspeccionar la ventilación dentro de la colmena permite que en un clima extremadamente caluroso las abejas adultas no utilicen energía extra para realiza esta actividad, mientras que en un clima frío es vital ventilar la humedad dentro de la colmena que puede llegar afectar a las crías provocando una tensión en la colonia. Otro método es chequear la temperatura se encuentre en una medida estable para el normal desarrollo del nido de la cría, caso contrario la variación de clima en lugares fríos o húmedos,

necesitan del consumo de más energía debido que la abeja debe producir calor y desgasta la longevidad de las abejas. (Thun, 2021)

## **2.5. Miel**

Una vez indicado explicado un problema de salud en la colonia como es el estrés tiende a afectar directamente a la producción de miel y sus derivados, debido a que el estrés tiende a debilitar a las abejas y en general a toda la colmena, obteniendo como resultado la disminución de la población de las abejas y la producción. Se procede a explicar la importancia de la elaboración y de un hábitat estable para la producción de miel, los productos que se obtienen a través de esta técnica son muy importantes para el apicultor, debido a que representan un ingreso económico para su familia, además de aportar favorablemente al medio ambiente, polinizando las flores

### **2.5.1. Definición.**

La miel que es producido por las abejas, es un dulce con textura cremosa a cristalina, y es producido del néctar de las flores. Las abejas van de planta en planta y van recolectando el néctar, lo cual mediante un proceso de transformación será almacenado en sus panales esperando su maduración. (Torres, 2008)

### **2.5.2. Propiedades de la Miel.**

La miel posee varios minerales como son: calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, zinc, fósforo y potasio, también entre su composición se encuentran aminoácidos ácidos orgánicos (ácido acético, ácido cítrico, entre otros) y vitaminas del complejo B, vitamina C, D y E. Otra propiedad importante que posee la miel es una gran variedad de antioxidantes (flavonoides y fenólicos). El color de la miel está determinado, principalmente, por la fuente floral. (ecocolmena, 2021)

### **2.5.3. Beneficios Fisiológicos**

- Regulación del azúcar en la sangre, reducir el estrés metabólico
- La miel natural promueve la recuperación del sueño
- La miel como tratamiento para el estreñimiento
- La miel natural mejora la función cerebral
- Minimiza las alergias
- Heridas, quemaduras y úlceras
- Piel seca
- Labios secos
- El ciclo menstrual
- Estimulante del sistema inmunológico

### **2.5.4. Producción de Miel.**

La producción de la miel se encuentra a cargo de las abejas obreras, las cuales tienen la función de salir al campo y recolectar polen, néctar y agua, viven entre 21 y 40 días. Una sola abeja a lo largo de toda su vida produce únicamente 1/12 cucharada de miel. Para producir un kilo de miel se necesita el trabajo de 2500 abejas obreras recolectoras aproximadamente. Dentro de una colmena pueden existir de 10.000 a 70.000 abejas obreras. La producción de miel dentro de colmena sana y abundante puede variar de acuerdo a factores como el área, floración y clima, en zonas altas con escasas de floración aproximadamente unos 12 kilos, mientras que en zona con abundancia de flores aproximadamente unos 30 kilos. (Pablo Beltrán Ayala, 2020)

### **2.5.5. Influencia de Habitat Idóneo en la Producción.**

El estado de estrés es una reacción del organismo por motivo de pedir al organismo realizar mayores esfuerzos superior al normal por un tiempo extenso, Un habitat idóneo es

beneficioso porque mitiga el consumo de energía en actividades extras, energía que pueden ser utilizadas en procesos beneficiosos para la colmena, convirtiéndose en una colmena saludable y poblada. La regla de Clarence Farrar explica la relación que tiene entre los siguientes factores, crías, número de pecoreadoras y la cantidad de miel que se puede almacenar en una colmena. Teóricamente la regla menciona que mientras más población exista en la colmena, se obtiene mayor producción de miel, dicho esto se puede mencionar que la producción total de miel es igual al cuadrado al peso de la población, es decir, la productividad de miel con respecto a la población es exponencial. La regla se fundamenta al principio de cooperación, es decir que conforme crece la población en la colmena, de igual manera crece el número de abejas pecoreadoras promoviendo la producción individual de cada una de ellas. (Preuss, 2013) En la Tabla 2, explica como este principio aporta en la productividad de miel total.

**Tabla 2**

*Producción de miel en relación a la población de la colonia*

|                            |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Número total<br>de obreras | 10.000 | 20.000 | 30.000 | 40.000 | 50.000 | 60.000 |
| Pecoreadoras               | 2.000  | 5.000  | 10.000 | 20.000 | 30.000 | 39.000 |
| Porcentaje<br>pecoreadoras | 20 %   | 25 %   | 30 %   | 50 %   | 60 %   | 65 %   |
| Peso de la<br>población    | 1 kg   | 2 kg   | 3 kg   | 4 kg   | 5 kg   | 6 kg   |

---

|             |      |      |      |       |       |       |
|-------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Rendimiento | 1 kg | 4 kg | 9 kg | 16 kg | 25 kg | 36 kg |
|-------------|------|------|------|-------|-------|-------|

de miel

---

*Nota.* Muestra la relación que existe entre el peso de la población y la producción de miel.

Adaptada de “Apicultura sin frontera” por R. Gonzales,2020, [www.apiservices.biz](http://www.apiservices.biz)

Una vez explicado la importancia de la técnica de la apicultura, los beneficios que con lleva el realizar esta práctica y aprovechar los productos que ofrecen la colonia de abejas, se va a utilizar los avances tecnológicos que permitan dar seguimiento a la enfermedad que se llama estrés y es generada a causa de los factores físicos que afectan al desarrollo de la colmena, los datos tomados puedan ser monitoreados y almacenados, esta información es muy importante para el apicultor, le permite verificar e intervenir lo más pronto si la colmena se encuentra en riesgo y no se vea reflejada al final de la temporada en la población y producción . La tecnología como el internet de las cosas permitirá que el apicultor pueda tener un seguimiento preciso y continuo de su colmena, verificando que los fenómenos físicos se encuentren dentro de los rangos normales y no sea perjudicial para el desarrollo de esta actividad utilizando plataformas en la nube para la visualización de la información tomada de la colmena.

## **2.6. Internet de las cosas**

### **2.6.1. Definición**

El internet actualmente no solo es utilizado como medio de comunicación entre las personas, además de ello permite la interconexión de todo tipo de dispositivos que deseemos, con el fin de poder recolar información necesaria, que posterior es procesada y finalmente tomar la mejor decisión de una actividad a realizar. Por tal motivo, IoT se estable como una red de dispositivos físicos interconectados mediante el internet, los cuales tiene la facultad de comunicarse por intermedio de un sistema embebido, medio de comunicación y aplicaciones

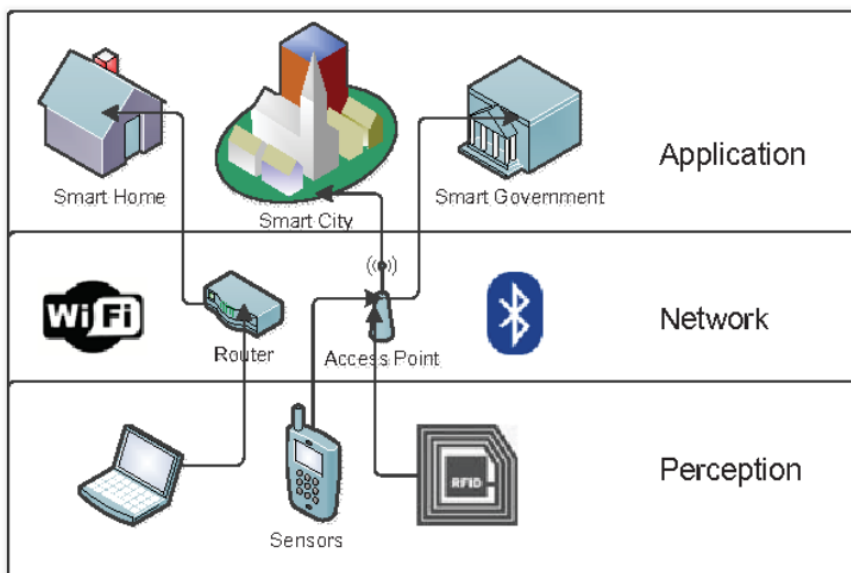
generalmente en la nube. Posibilita a los dispositivos permanecer conectados entre sí, y tener la facultad de obtener, capturar, almacenar y recuperar información e interactuar con personas como usuarios, a través del uso de aplicaciones, con el objetivo de mantener la información disponible para los usuarios. (Muñoz, 2019)

### 2.6.2. *Arquitectura IoT*

La arquitectura explica la estructura IoT, que está conformado por parámetros físicos (sensores) y parámetros virtuales (servicios y protocolos de comunicación), especifica como los datos son enviados desde los sensores conectados a la red y posterior procesados, analizados y almacenados. En la Figura 9, se observa la arquitectura de tres capas, cada una de las capas cumple con su función específica y posee sus propios protocolos, que permiten la comunicación entre los diferentes componentes de cada una de las capas.

**Figura 9**

*Arquitectura de 3 niveles*



*Nota.* La arquitectura IoT está conformada por 3 niveles y cada nivel presenta sus funciones y protocolos específicos. Tomada de Arquitectura IoT [Fotografía], Arduino, 2020, [www.aprendiendoarduino.wordpress.com](http://www.aprendiendoarduino.wordpress.com)



Capa de percepción, es la capa inferior del modelo y es conocida como capa de percepción. Está integrado por dispositivos como sensores y actuadores, los sensores son capas de capturar datos del entorno y se interconectan entre sí a través de una WSN. El modelo se asemeja al modelo TCP/IP, la capa logra proporcionar servicios que permiten identificar los dispositivos y recopilación de información de los sensores que están en el campo de trabajo. La información compilada se envía hacia sistemas de información para su posterior procesamiento.

Capa de red, la función relevante es enviar y procesar la información capturados por la capa de percepción. Además, es encargado de permitir la interconexión con otras redes que poseen dispositivos inteligentes, servidores o plataformas en la nube.

Capa de aplicación, es responsable de entregar o brindar de servicios inteligentes a los usuarios finales, sean personas, sistemas o algún tipo proceso que lo requiera. Es la capa más alta del modelo, brinda al usuario la posibilidad de interactuar con los datos obtenidos, procesados y varios servicios a través de una interfaz gráfica que el usuario pueda interpretarlos y comprender. Esta capa permite mostrar al usuario todos los resultados procesados de la aplicación IoT.

#### **2.6.2.1. Capa WSN.**

Una red de sensores inalámbricos (WSN) es una red inalámbrica que consta de diferentes dispositivos de sensores independientes distribuidos en una área o espacio, con el objetivo de monitorear las condiciones físicas o ambientales dependiendo de la aplicación del mismo. WSN está conformado por una agrupación de pequeños sensores conectados a un nodo, que presentan la capacidad de intercambian información y datos. Los nodos consiguen la información tomadas del entorno como es la temperatura, presión, humedad y envían esta

información a una estación base. La estación es la encargada de enviar la información a través de una red cableada o inalámbrica para su posterior procesamiento y almacenamiento.

Como medio de transmisión de la información se utiliza el mismo medio que las redes de área local inalámbricas (WLAN). Por tal motivo están disponibles protocolos de acceso estándar como IEEE 802.11. No obstante este tipo de protocolos no se pueden aplicar directamente a las WSN. EL motive fundamental es que el consumo de energía utilizados en las redes de área local es significativamente mayor a los utilizados por los sensores, que generalmente utilizan una fuente pequeña de energía que tiende a agotarse muy rápido. Este es el motive por el cual existe la necesidad de utilizar protocolos para la MAC que sean consecuentes con el consume de energía.

#### **2.6.2.1.1. Topología.**

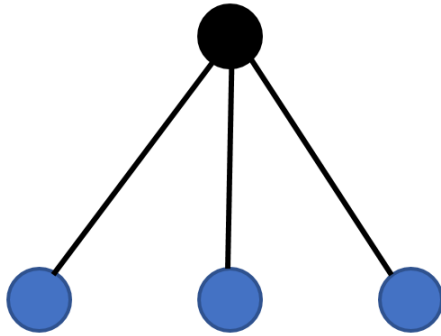
Los nodos WSN cambian su topología dependiendo de su organización dentro de la red, se pueden dividir en red de un salto o red multisalto. Como se observa en la Figura 10 y Figura 11 tal donde el círculo de color negro representa al Gateway, y el restante representa a los nodos que transmiten la información hacia el Gateway.

- **Red de un Salto.**

Todos los nodos sensores transmiten los datos directamente a la puerta de enlace, lo que hace que el control de la red sea fácil de implementar. Una red de un solo salto como se observa en la Figura 10, tiene una arquitectura de red más simple y, por lo tanto, es más fácil de controlar. Es adecuado para aplicaciones en áreas de detección pequeñas con nodos de sensores escasamente desplegados. (Lacono, 2011)

#### **Figura 10**

*Red de un solo salto*



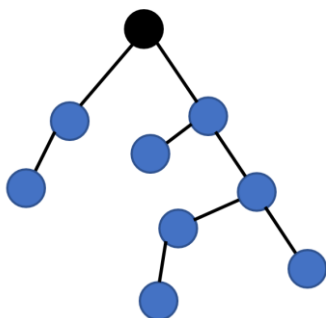
*Nota.* El círculo negro representa el Gateway mientras que los restantes son nodos. Tomada de Tipos de topología IoT [Fotografía], ITIC, 2011, [www.sase.com.ar/2011/files-protocolos\\_para\\_Redde\\_Sensores\\_Inalambricos.pdf](http://www.sase.com.ar/2011/files-protocolos_para_Redde_Sensores_Inalambricos.pdf)

- **Red Multisalto.**

Los nodos sensores transmiten sus datos detectados a la puerta de enlace usando comunicación inalámbrica de corto alcance a través de uno o más nodos intermedios. como se muestra en la Figura 11. Cada nodo intermedio debe realizar el enrutamiento y reenviar los datos a lo largo de un camino de varios saltos. Las redes multisalto tienen una gama más amplia de aplicaciones a costa de mayor complejidad de control. (Lacono, 2011)

### Figura 11

*Red multisalto*



*Nota.* El círculo negro representa el Gateway mientras que los restantes son nodos conectados entre sí. Tomada de Tipos de topología IoT [Fotografía], ITIC, 2011, [www.sase.com.ar/2011/files-protocolos\\_para\\_Redde\\_Sensores\\_Inalambricos.pdf](http://www.sase.com.ar/2011/files-protocolos_para_Redde_Sensores_Inalambricos.pdf)

### **2.6.2.1.2. Componentes**

- **Sensores.**

Los sensores tienen el objetivo de capturar medidas de las diferentes variables del ambiente, que son fundamentales para la toma de decisiones del sistema. Los sensores capturan señales y las convierten en señales eléctricas para ser posteriormente enviadas al nodo.

- **Nodos de Radio.**

Es utilizado para la recepción de los datos que son capturados por los sensores y posteriormente enviados hacia el nodo, el nodo realiza un reenvío de la información al punto de acceso WLAN. El cual es un microcontrolador con características de un transceptor, posee la capacidad de adaptar una memoria externa y conexión a una fuente de alimentación

- **Fuente de Energía.**

Este es un factor importante para el funcionamiento eléctrico del nodo sensor, hace referencia al uso de baterías o fuentes que alimenten de corriente a los circuitos internos del nodo. Existen varios tipos de fuente de energía: baterías recargables, paneles solares, alimentación eléctrica, entre otros. Este factor es primordial para el diseño de una WSN, por este motivo es relevante conocer la capacidad y duración de operación del nodo sensor, se logrará diseñar un tipo de fuente que satisfaga las necesidades del sistema.

- **Punto de Acceso WLAN.**

Recepta los datos enviados desde los nodos a través del medio inalámbrico dentro de una WSN. Lo primordial de este elemento es redirigir los datos hacia otra instancia por lo general una plataforma de procesamiento y almacenamiento de información en la nube y por el cual se podrá general un informe de la información o algún tipo de alerta.

- **Software de Evaluación.**

Los datos son recibidos a través del punto de acceso WLAN y posteriormente procesados, analizados, almacenados y extraídos por un software específico, que permitirá al usuario final tener una mejor comprensión de la información obtenida al final de todo el tratamiento de los datos.

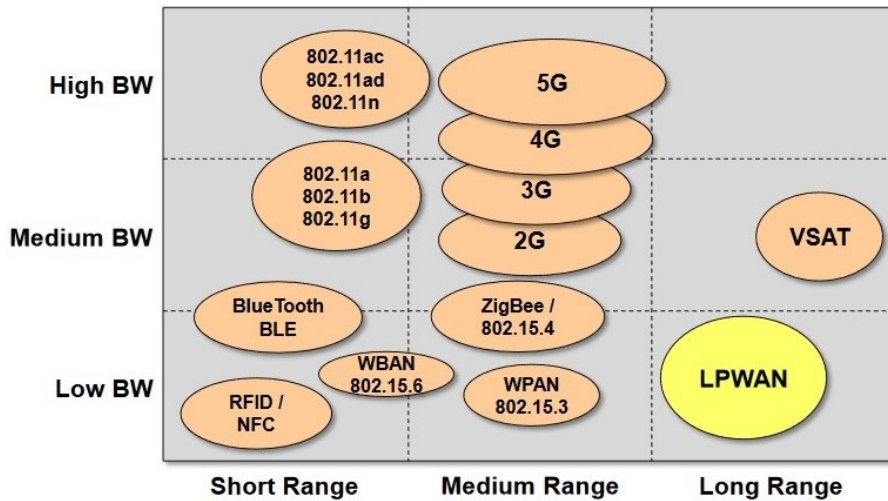
### **2.6.2.2. Capa de Comunicación**

#### **2.6.2.2.1. Protocolos de IoT.**

La conectividad es una parte fundamental para llevar a cabo proyectos IoT, A través de estas se conectan varios dispositivos, los nodos y sensores, logrando el envío de datos desde cualquier zona de aplicación. Por lo tanto, IoT cuenta una gran variedad de opciones o usos por lo que no existe un solo tipo de tecnología de continuación para todas las aplicaciones. Cada tecnología presenta sus pro y contras específicos en las diferentes áreas como es alcance, costo, escalabilidad y red, esto da a entender que la aplicación de la tecnología depende de los diferentes escenarios o entornos donde desarrollará el proyecto. A continuación, en la Figura 12 se indica los diferentes tipos de comunicación para IoT, relacionando la velocidad y cobertura con el tipo de tecnología. (Muñoz, 2019)

### **Figura 12**

*Tecnologías de comunicación para el desarrollo de un sistema IoT*



*Nota.* Representa las tecnologías de comunicación que se pueden utilizar en el desarrollo de un sistema IoT. Tomada de protocolos de comunicación [Fotografía], ITIC, 2011, [www.sase.com.ar/2011/files-protocolos\\_para\\_Redde\\_de\\_Sensores\\_Inalambricos.pdf](http://www.sase.com.ar/2011/files-protocolos_para_Redde_de_Sensores_Inalambricos.pdf)

Para desarrollar un proyecto o sistema IoT se debe comprender que cada diseño tiene sus propios requisitos de red. Los aspectos importantes como el alcance la calidad de servicio, seguridad, consumo de energía y administración de red, todos esos aspectos se deben tener presente al momento de seleccionar la mejor tecnología para cada caso. En la tabla 3 se presenta una comparación de las áreas de aplicación de las tecnologías mencionadas.

- Mayor uso
- Uso moderado

**Tabla 3**

*Tecnología más común con su área de aplicación*

|            | LPWAN | Celular | ZigBee | BLE | Wi-Fi | RFID |
|------------|-------|---------|--------|-----|-------|------|
| IoT        | •     | •       | ○      |     |       |      |
| industrial |       |         |        |     |       |      |

---

|                                      |   |   |   |   |     |
|--------------------------------------|---|---|---|---|-----|
| Mediciones<br>inteligentes           | • |   |   |   |     |
| Edificios<br>inteligentes            | • |   | ○ | ○ |     |
| Hogar<br>inteligente                 |   |   | • | • | •   |
| Vehículo<br>conectado                |   | • |   |   | ○   |
| Salud<br>conectada                   |   | • |   | • |     |
| Comercio<br>minorista<br>inteligente |   | ○ |   | • | ○ • |
| Logistics<br>& Asset<br>Tracking     | ○ | • |   |   | •   |
| Agricultura<br>inteligente           |   | • |   |   |     |
| Portables                            | ○ |   |   | • |     |

---

---

Ciudades •  
inteligentes

---

*Nota.* Relación entre el tipo de tecnología de comunicación con la mayor aplicabilidad en cada una de las áreas. Adaptada de “Tecnologías inalámbrica” por Efron , 2018.

### **2.6.2.3.      *Capa de Aplicación***

#### **2.6.2.3.1.    *Protocolos.***

En la arquitectura IoT los protocolos son un pilar importante, pues no es suficiente con obtener datos de los sensores, también tiene que ser transferidos a la nube o plataformas que procesan o almacenan la información, es necesario que soporte transportar cantidad de paquetes mediante el uso del internet a través de redes WAN. La comunicación IoT requiere la aplicación de nuevas tecnologías y protocolos. (Muñoz, 2019)

Existen múltiples protocolos de comunicación entre dispositivos y el Cloud, se indica los más conocidos y utilizados.

- HTTP/HTTP (y RESTful sobre ellos)
- MQTT 3.1/3.1.1
- Constrained application protocol (CoAP)
  
- **HTTP.**

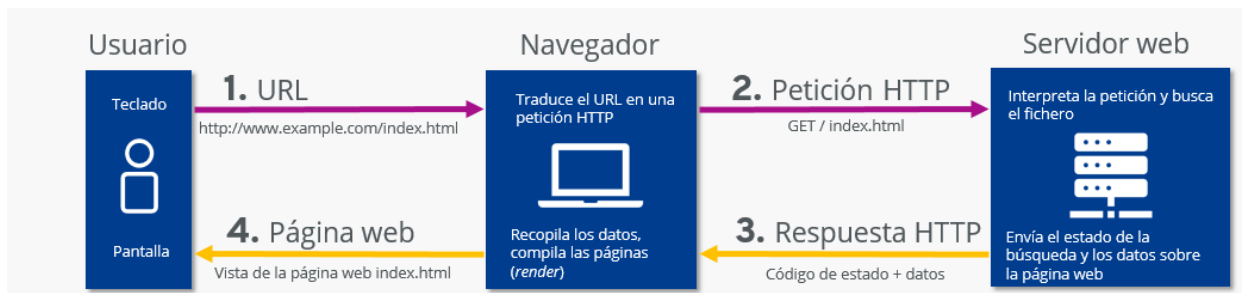
Protocolo se aplica en la capa aplicación. Su diseño permite la comunicación de navegadores y servidores Web, aunque también tiene otros propósitos como el modelo cliente servidor. El modelo empieza como se puede apreciar en la Figura 13 cuando un cliente establece una conexión con el servidor, y solicita una petición y espera una respuesta a su petición. Es un protocolo sin estado, por lo que el servidor no almacena ningún tipo dato entre las peticiones. Es un protocolo muy popular, además, es compatible con varias librerías.



Gracias a su estructura simple basado en texto, una variedad de dispositivos como controladores de 8 bits son capaces de tolerarlo, pero no es su totalidad, recursos como POST o GET. Para implementar el protocolo HTTP completamente es necesarios un dispositivo de 32 bits. (Johnny Novillo-Vicuña, 2018)

### Figura 13

#### Proceso de comunicación HTTP



*Nota.* Muestra los procesos que se realizan cuando el usuario realiza una solicitud o petición al servidor basado en el protocolo HTTP. Tomada de Protocolo HTTP [Fotografía], Ionos, 2020, [www.ionos.es](http://www.ionos.es)

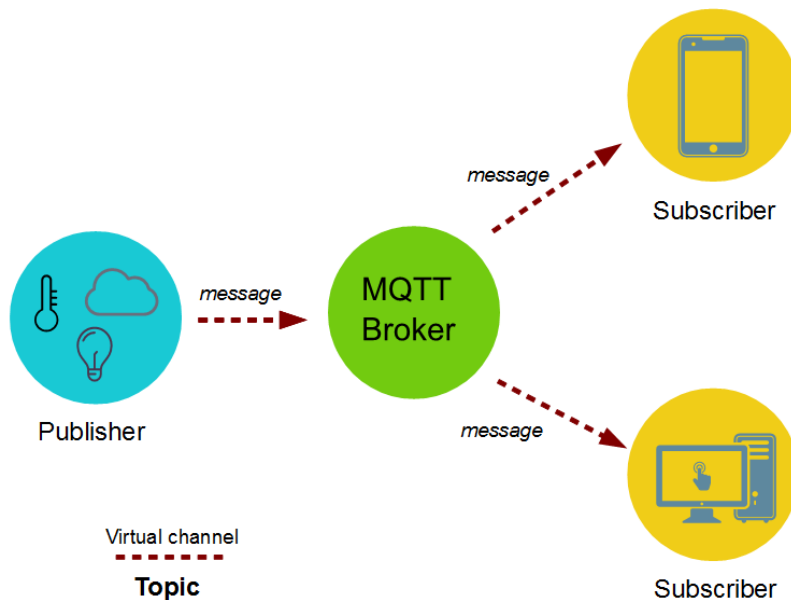
- **MQTT.**

Es un protocolo con la función de envío de mensajes livianos cuando el usuario necesita un código de huella pequeña y se encuentran conectados a una red con recursos de ancho de banda limitados. Es aplicado esencialmente para el tipo de comunicación máquina a máquina (M2M). Se ejecuta sobre el modelo TCP/IP, utiliza una topología Push/Subscribe. En la arquitectura como se observa en la Figura 14 interactúan dos elementos, clientes y suscriptores. El corredor viene hacer las veces de intermedio entre los clientes, el corredor tiene la función recibir la información de otro cliente y enviársela a los demás clientes. Cabe señalar que los clientes no se conectan directamente entre sí. Cada uno de los clientes pueden ser editor, suscriptor o ser las dos. Un cliente únicamente publica cuando tiene nuevos datos y el corredor solo enviar información a los suscriptores cuando llega nueva información. Por lo

que no existe una transmisión continua de datos y se cataloga como un protocolo basado en eventos. (Johnny Novillo-Vicuña, 2018)

**Figura 14**

*Modelo de comunicación MQTT*



*Nota.* EL bróker se encarga de redirigir los mensajes de un publicador a sus suscriptores y en este proceso a ningún momento se modifica la información. Tomada de Desarrollo de aplicaciones IoT [Fotografía], Tomas Domínguez, 2020, Marcombo.

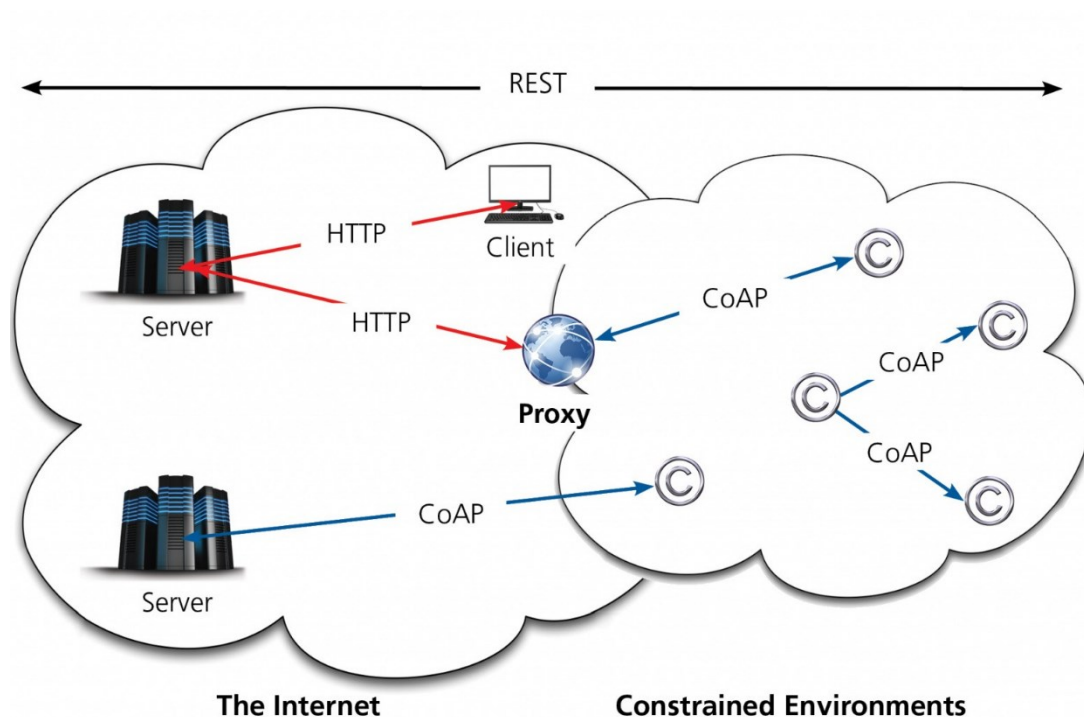
- **CoAP.**

Es un protocolo que se ubica en la capa aplicación, se utiliza especialmente para aplicaciones restringidas, es decir se puede ejecutar en hardware simple o de recursos limitados, como por ejemplo microcontroladores, sensores de baja potencia o hardware donde no se pueda ejecutar HTTP, el protocolo permite que los diferentes dispositivos pueden conectarse a internet. El protocolo posee considerables semejanzas con el Protocolo HTTP, por tal motivo en varios casos se logra realizar una conexión entre un servidor CoAP a partir de un cliente HTTP como se logra apreciar en la Figura 15, utilizando como intermediario un proxy, o también es posible a través de una interfaz HTTP-CoAP. Además, CoAP opera de

forma asincrónica para el intercambio del mensaje, sobre el protocolo UDP en forma de datagramas. La transmisión de mensajes entre un cliente y su servidor no necesita de elementos intermedios que permitan la realización de la comunicación. (Johnny Novillo-Vicuña, 2018)

**Figura 15**

*Arquitectura CoAP*



*Nota.* La arquitectura muestra como un cliente web HTTP puede acceder a una red CoAP a través de un proxy. Tomada de Introducción a CoAP [Fotografía], Recuperada de [https://www.gotoiot.com/pages/articles/coap\\_intro/index.html](https://www.gotoiot.com/pages/articles/coap_intro/index.html)

## 2.7. Cloud Computing.

Hace referencia a la tecnología que permite acceso remoto a los varios servicios informáticos como servidores, almacenamiento de información, bases de datos, análisis de datos, etc., a gran escala a través de la conectividad de internet. Brinda beneficios a organizaciones o individuos que necesiten una variedad de recursos computacionales que le

permita tener una gran flexibilidad en el manejo de la información generada por las empresas, asegurando el acceso, seguridad, disponibilidad de la información a cada uno de los usuarios. Se puede catalogar como una opción adicional al procesamiento de información en una computadora local o servidor local. (Gochhait, 2019)

### **2.7.1. Tipo de Servicios**

#### **2.7.1.1. Infraestructura Como Servicio (IaaS).**

EL usuario contrata o alquila una plataforma de virtualización con equipos informáticos con su propio procesamiento, capacidad de almacenamiento, a un proveedor a través de internet, esta infraestructura informática se encuentra en la dependencia o data center del proveedor, siendo el encargado de su instalación, mantenimiento, reparación, funcionamiento y seguridad del mismo, el usuario accede a las infraestructuras a través de internet para darles un uso, el proveedor proporciona todo el hardware y el software para la administración de la infraestructura que se solicitó, el cliente se encarga de las configuraciones de la infraestructura, sistemas operativos, aplicaciones y programas que se desee. (Srivastava, 2020)

#### **2.7.1.2. Plataforma como Servicio (PaaS).**

Es una modalidad enfocada en su mayoría a desarrolladores o empresas que desarrollan software, este tipo de modelo de servicio, entrega un sistema completamente en funcionamiento con toda la infraestructura física debidamente configurada, con sistemas operativos instalados, con herramientas de diseño y desarrollo, el usuario netamente se encarga de la programación, se preocupa netamente del desarrollo de las aplicaciones, servicios y se desinteresa de toda la gestión y administración del entorno. (Srivastava, 2020)

### **2.7.1.3. *Software como Servicio (SaaS).***

Es el servicio más utilizado por la mayoría de las personas, cualquier servicio basado con la web para su uso inmediato, El proveedor ofrece una aplicación determinada para su uso inmediato, la responsabilidad completa de mantener el servicio en funcionamiento del hardware y software decae completamente en el proveedor. (Srivastava, 2020)

### **2.7.2. *Tipo de Plataformas***

#### **2.7.2.1. *Amazon Web Service (AWS).***

Es un servicio innovador y rentable de computación en la nube a través del internet, al cual se logra acceder remotamente a toda la infraestructura integrada que ofrece servicio como almacenamiento, procesamiento, seguridad y apoyo para interfaces de programación de aplicaciones (API). Su modalidad es pago por suscripción mensual, por lo cual el cliente o usuario puede seleccionar los servicios de una pila completa, que se ajusten a sus necesidades. Las empresas u organizaciones tienen la facultad de utilizar cualquier tipo de servicio en la nube sin realizar la inversión de la infraestructura. (Bhowmik, 2017)

#### **Ventajas**

- Es una plataforma diseñada con la ideología de servicios a bajo costo.  
Mientras mayor sea su uso, menor es el costo
- Se cancela por el servicio utilizado, Es decir se factura se genera luego de procesar gigas de información, por lo que es recomendable incluso si se contrata servicios involuntariamente.
- El usuario tiene la capacidad de contratar cualquier servicio y configurarlo a su voluntad, por lo que existe múltiples modos de utilizar los servicios.

#### **Desventajas**

- No es una plataforma para personas principiantes o sin tener experiencia previa en el área, debido a la complejidad del sistema.
- Nivel de seguridad alto, por lo tanto, la contratación de un servicio requiere de cumplir con todos los estándares que solicita la plataforma.
- Es una plataforma que es aplicable a una amplia lista de tipos de negocios, pero no está especificado en negocios regulados.

#### **2.7.2.2. Microsoft Azure.**

La computación en la nube ofrece oportunidades para grandes, medianas o pequeñas empresas, la plataforma Azure ofrece varios servicios de su infraestructura al usuario de manera flexible, facultando la posibilidad de procesar, ejecutar y dirigir aplicaciones en los centros de datos de Microsoft. Para lograr acceder a la infraestructura y usar los servicios de la plataforma, el usuario necesita de credenciales únicas para la administración de servicios y acceso a la información de la empresa. Además, vigila el rendimiento de los servidores por lo que el usuario paga por lo que realmente consume o necesita. (Bhowmik, 2017)

#### **Ventajas**

- La plataforma ofrece una alta disponibilidad en tiempo de actividad de sus servicios.
- Para las Pymes brinda soluciones de seguridad activando el respaldo y recuperación de la información como medida de protección contra la pérdida de la misma.
- La plataforma permite diseñar aplicaciones utilizando cualquier tipo de lenguaje como .NET, Node.js y Java.

#### **Desventajas**

- La plataforma no proporciona una administración del núcleo de información por lo que se debe realizarlo uno mismo.
- La velocidad para obtener la información se ve algo afectada si se vive en América del Sur.
- Para garantizar un funcionamiento eficiente, el administrador de TI debe tener experiencia en el manejo de la plataforma porque un error mínimo puede afectar en su funcionamiento.

### **2.7.2.3. *Google Cloud***

Empresas y usuarios utilizan los servicios de la plataforma, ya sea para guardar y respaldar la información, además, es utilizada como infraestructura de tecnología de la información. Es perfecta para empresas de diferente tamaño, personas especializadas en TI y dediquen al desarrollo. Dispone de servicios almacenamiento, base de datos, y desarrollo de IA y seguridad. La plataforma permite diseñar cualquier infraestructura que se desee y se logra acceder de manera remota.

#### **Ventajas**

- Tiene la virtud que algunos servicios son de uso gratuito y otros servicios ofrecen costos muy accesibles a diferentes tamaños de empresa.
- Los datos son encriptados en diferentes capas de la infraestructura.
- Carece de dificultad en el mantenimiento y administración, por lo que no es necesario de profesionales.

#### **Desventajas**

- Ofrece menos servicios en relación a AWS
- No cuenta con gran cantidad de centros de datos.

#### 2.7.2.4. Casos de Uso.

Antes de elegir un proveedor es importante determinar cuál será la función y la aplicación de la plataforma. Por lo tanto, en la tabla 4 se muestra comparación de los servicios entre las diferentes plataformas.

**Tabla 4**

*Comparación entre los servicios que ofrece cada plataforma*

| AWS   | Azure                               | Google Cloud  |
|---|-------------------------------------|---|
| Desarrollador y gestión                       | Grandes datos y análisis predictivo | Gestión y almacenamiento de datos                           |
| Aprendizaje automático y análisis predictivo  | Desarrollo de juegos y aplicaciones | Desarrollo de aplicaciones                                  |
| Bases de datos y soluciones de almacenamiento | Almacenamiento de datos escalable   | Análisis de negocios e IA                                   |
| Herramientas de productividad empresarial     | Tecnología de cadena de bloques     | Herramientas de gestión de productividad y carga de trabajo |
| Integración App                               | Desarrolladores                     |   |
| Calcular                                      | Integración IoT                     |   |

*Nota.* Los populares servicios ofrecen casi capacidades similares. Pero también hay muchos factores diferenciadores.

La tecnología IoT permite desarrollar y automatizar procesos con el beneficio de apoyar positivamente en satisfacer necesidades en diferentes áreas de aplicación, para lo cual,



para el desarrollo del presente proyecto se utilizará la arquitectura IoT, cada de la arquitectura IoT cumple con una determinada función, la capa de toma de datos, capa de comunicación y capa de aplicación, todas estas capas de abordaran mediante el modelo en V.

## 2.8. Metodología en V

El modelo en V es una ampliación de la metodología en cascada y tiene el propósito de desarrollo pruebas por cada una de las etapas del modelo. Esta metodología es preciso realizar cada una de las etapas finalizado la etapa anterior, es también conocida como modelo de “Validación y verificación”. En la Figura 16 se muestra que cada una de las fases posee el control de pruebas para asegurar el cumplimiento positivo de cada una de las etapas posibles.

**Figura 16**

*Metodología modelo en V*



*Nota.* Tomada de Ciclo de vida en V [Fotografía], Ingeniería de software, 2013, [www.ingsoftware.weebly.com](http://www.ingsoftware.weebly.com)

En la tabla 5 se detalla ventajas y desventajas que presenta el ciclo de vida del modelo en proyectos.

**Tabla 5***Pro y contras del modelo en V*

| Ventajas   | Desventajas                           |
|--|---------------------------------------|
| Ideal para proyectos cortos, los requerimientos no son variantes y determinados claramente                                   | Poco manejable                        |
| En cada una de las etapas se realiza pruebas y verificación de los objetivos planteados.                                     | No es perfecto para grandes proyectos |
| En el modelo en V cada etapa el resultado obtenido es preciso, por lo cual es excelente para vigilar el avance del proyecto. | Peligro extremadamente altos          |

**2.8.1. Casos para Aplicación**

- Proyectos donde es necesario evaluaciones puntuales del proyecto final
- Proyectos necesariamente pequeños o medianos, al que el resultado final este puntualmente específico.
- Proyectos de sencillo acceso.

### **Capítulo 3 Desarrollo Experimental.**

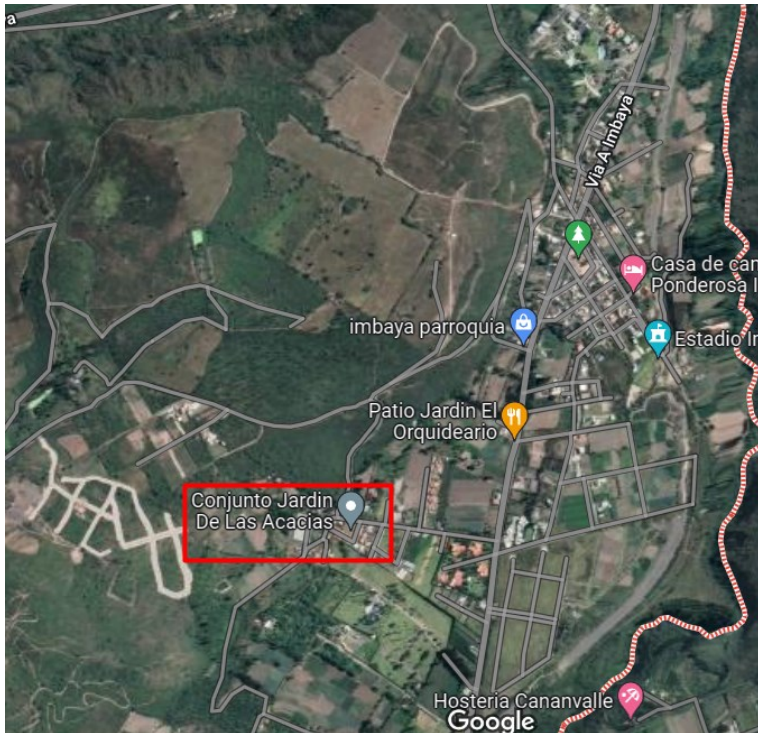
Para el desarrollo de este capítulo se utilizara la metodología en V para abordar la arquitectura IoT, se realizará un análisis de la situación actual, además de una encuesta al apicultor que posee su apiario en el sector de Imbaya, quien es la persona que se encuentra directamente laborando con las colmenas de abejas, posteriormente tabular los datos obtenidos a través de la encuesta, los datos tienen el objetivo de mejorar el sistema planteado haciendo énfasis en los requerimientos del sistema, stakeholders y arquitectura, los requerimientos ayudan a un correcto desarrollo del sistema IoT para el monitoreo y diagnóstico de la colmena con el objetivo de apoyar a mejorar el ambiente al interior de la colmena y directamente optimizar la producción de miel.

#### **3.1. Análisis de la Situación Actual**

El diseño del sistema debe solventar los problemas que presenta el apicultor en su colmena, para ello se debe recopilar información de la situación actual del Apiario del Sr. Luis Rigoberto Pambaquishpe, el apiario se encuentra ubicada en el barrio Las Acacias del sector de Imbaya en el territorio del cantón Antonio Ante como se muestra en la Figura 17. Actualmente cuenta con una población aproximadamente de 1020 habitantes y la mayoría de su población se dedica a la agricultura y ganadería, por lo cual, en Imbaya existe un gran porcentaje de vegetación abundante.

#### **Figura 17**

*Localización de Imbaya en el mapa geográfico*



*Nota.* Ubicación del apiario en Imbaya.

### **3.1.1. Ubicación**

La parroquia se encuentra situada en las coordenadas geográficas 0°22'05.3" N latitud norte, 78°09'06,5" W longitud oeste, y aproximadamente a 2070 m.s.n.m.

(Antonioante.gob.ec, 2022)

### **3.1.2. Características del clima**

La Parroquia Imbaya ubicado en el canto Antonio Ante presenta un clima templado y cálido en temporadas del año, se encuentra alrededor de 2070 m.s.n.m., posee una pluviosidad de 500 a 750 mm, la temperatura anual de temperatura es de 16 °C - 24 °C, la humedad relativa anual se encuentra alrededor de 65 % – 85 %. (Antonioante.gob.ec, 2020)

### **3.1.3. Apiario**

El Sr Luis Rigoberto Pambaquishpe es un apicultor que tiene 20 años trabajando en la apicultura, además de apicultor se dedica a la agricultura, trabajo que genera mayores ingresos económicos, pero su pasión por la apicultura hace que necesite de tiempo extra para

desenvolverse correctamente en sus dos actividades. El sr. Luis Pambaquishpe cuenta con varios apiarios en diferentes lugares dentro y fuera de la provincia, el instala las colmenas en los apiarios en lugares donde la temporada de floración empieza, por lo cual lleva sus colmenas y arma en el sitio durante el periodo de floración para obtener la mayor producción de miel, este proceso dura aproximadamente de 20 a 45 días, si la temporada es buena, el aprovecha las temporadas de floración del arándano, eucalipto y aguacate. Luis Pambaquishpe le gusta la actividad de la apicultura y gracias a sus amistades que día a día le siguen enseñando sobre nuevas prácticas para mejorar la producción de miel, dentro de sus últimas innovaciones aprendió la necesidad que colocar un alzar en la colmena para la ventilación, a causa del cambio climático, pero que puede ser contra productivo porque en la noches la alza provoca que al interior de la colmena existe mayor frío de lo normal, provocando estrés en las abejas al activar su mecanismo para calentar la colonia en la noche. Luis Pambaquishpe es propietario de colmenas tipo Langstroth como se muestra en la Figura 18. Actualmente no lleva ningún registro de producción de la miel y no cuenta con ningún sistema que le permite monitorear sus colmenas y por la falta de tiempo no ha logrado atender las necesidades de sus colmenas y ha perdido colmenas por no conocer si las colmenas colocadas se encuentran en condiciones óptimas para el desarrollo de la misma.

**Figura 18**

*Colmenas de propiedad del apicultor.*

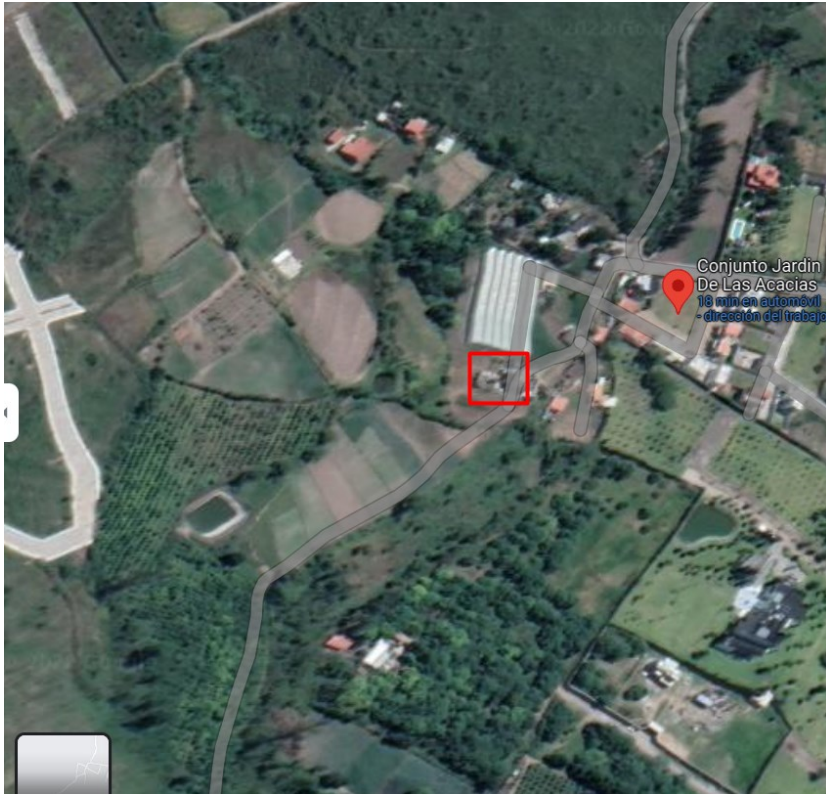


*Nota.* Colmenas tipo Langstroth pertenecientes al apicultor.

Para el desarrollo del proyecto se seleccionó el apiario en el Barrio las acacias del sector de Imbaya como se muestra marcado en la Figura 19, cerca del apiario seleccionado existe abundante vegetación y árboles de aguacate. La flor de aguacate es un excelente alimento para las abejas, por lo cual se aprovechó la temporada de flor de aguacate para el desarrollo del proyecto.

### **Figura 19**

*Abundante vegetación alrededor del apiario.*



*Nota.* Alrededor del apiario se puede observar abundante vegetación y árboles que son utilizados como alimento para las abejas.

Actualmente el apiario seleccionado cuenta con 4 colmenas para el desarrollo del proyecto como se muestra en la Figura 20.

### **Figura 20**

*Colmenas actuales en el apiario de Imbaya.*



*Nota.* Actualmente al realizar el proyecto se contó con 4 colmenas en el apiario por periodo de floración.

A continuación, en la tabla 6 se explicará acerca del método y formato utilizado para el levantamiento de la información sobre la técnica actual aplicada en el apiario.

### **Tabla 6**

*Método y formato para recopilación de datos al inicio del estudio.*

| Situación actual |  |
|------------------|--|
| Método:          | <p>Para la realización de la tesis se plantea utilizar el método de investigación descriptiva para recabar información actualizada empleando la encuesta. La encuesta permite tener una idea más amplia, opiniones o información relevante de las posibles causas de estrés en la colmena produciendo una reducción en su producción.</p> <p>La encuesta será aplicada al apicultor ,dueño del apiario en Imbaya , con esto se desea obtener los diferentes métodos que utiliza el apicultor para realizar esa técnica.</p>                          |
| Formato:         | <p>La encuesta tiene como fin, comprender cuales son los factores que intervienen y afectan la salud de la colmena, además de métodos que se puede implementar para brindar ayuda a la misma.</p> <p>La encuesta estuvo conformada por preguntas donde las respuestas pueden ser abiertas o cerradas. Las primeras preguntas permitieron conocer el periodo de tiempo aproximado para realizar una captura de datos simulando una inspección del apicultor a la colmena, este tipo de preguntas permite conocer la frecuencia recomendada que el</p> |



---

apicultor obtendrá la información de su colmena. Mientras que las preguntas cerradas mediante la cuantificación y tabulación de los datos, se obtuvo los factores por el cual las abejas pueden sentirse estresadas y las medidas para combatir el estrés en las abejas aportando favorablemente a la producción de miel. En el Anexo A del documento se puede observar el formato de la encuesta.

---

#### **3.1.4. *Análisis de los Resultados***

La encuesta se realizó al apicultor, quien es la persona que realiza esta actividad, la información recabada ayuda al desarrollo adecuado del proyecto, y los resultados obtenidos son los siguientes.

Las preguntas formuladas ayudaron a comprender cual la situación actual de las actividades que el apicultor realiza. La técnica empieza con la colocación de la colmena en un lugar donde exista abundante floración que utiliza las abejas como alimento, el apicultor coloca una caja o cámara de cría sobre la base o soporte, la caja debe tener la piquera que es el lugar por donde ingresan a la colmena, luego de eso es importante colocar los marcos o cuadros dentro de la misma, la mitad de marcos deben ser obtenidos de colmenas de cría vecinas, estos marcos vienen acompañados de un núcleo de abejas que servirá como inicio de la nueva colmena y por ultimo colocar la tapa para proteger la colmena.

El apicultor mencionó que utiliza un mismo tipo de colmenas para todo el apiario, por lo cual el diseño de todas son las mismas, la colmena tiene una dimensión de 51 x 42,5 x 24 cm, dentro de la misma se encuentran las abejas, las colmenas son más o menos herméticas por lo que con los cambios de clima constantes ,en temporadas soleadas las abejas tienen a sufrir un exceso de calor y a la par tienden a producir estrés, caso similar con el frio , el

exceso de frío produce estrés , por lo tanto existe falencias en métodos que aporten con la disminución de estrés en las colmenas.

El apicultor tiene varias colmenas en lugares aledaños donde existe temporadas de abundante floración, por lo que la persona necesita viajar largas distancias y dirigirse a cada uno de los apiarios a verificar el estado de salud de las colmenas, por lo general el apicultor realiza una inspección semanal a los apiarios, para verificar las necesidades o falta de atención a la colmena, el apicultor debe realizar esta actividad durante los 20 a 45 días dependientemente de la fecha de floración, proceso para la elaboración de la miel , el apicultor debe viajar semanalmente hacia el apiario a realizar inspecciones en las colmenas , el apicultor se dedica a verificar la salud de la colmena, si aumentado la población en la colmena , el apicultor debe colocar una nueva alza con cuadros o marcos , con esto se logra que las abejas tengan más espacio dentro de la colmena, evitando que sientan estrés por la sobrepoblación y el aumento de temperatura dentro de la colmena, caso contrario si es una población reducida se debe precautelar que las abejas no sufran frío. El apicultor debe verificar que la población este aumentando correctamente, asegurando que en la cámara de crías existan nuevas larvas, esto asegura el crecimiento de la población y por consiguiente la producción de la miel en la misma.

Para la correcta operación de la colmena, es importante que los factores de temperatura y humedad sean exactos dentro de la colmena para el desarrollo de nuevas abejas obreras, desde la colocación del huevo fecundado en un alveolo hasta que la abeja nazca dura alrededor de 21 días, todo este proceso con cada una de las larvas ocasiona el aumento de la población y por ende la producción de miel. Las abejas deben preservar que la temperatura y humedad dentro de la colmena sea la adecuada realizando actividades extras a sus actividades diarias, produciendo un consumo extra de energía reduciendo su longevidad, las abejas deben cubrir con propóleo las fisuras presentes en la colmena como medida de defensa ante el

descenso de temperatura, o actividad de batir sus alas como un abanico cuando existe un aumento de calor, además de ello el apicultor a realizar las inspecciones debe levantar la tapa de la colmena destruyendo todo el trabajo extra realizado por las abejas como medida de supervivencia , las abejas deben nuevamente arreglar los daños ocasionados por las inspecciones del apicultor, actividades extras que reducen la longevidad de las abejas provocando estrés en las mismas.

### **3.2. Introducción al Desarrollo del Proyecto**

#### **3.2.1. *Propósito del Sistema***

El proyecto plantea realizar un sistema de apoyo para combatir el estrés en las abejas dentro de la colmena, con la ayuda de sensores colocados en lugares estratégicos dentro y fuera de la colmena se capturaras datos específicos que afectan directamente en la colmena, la información estará siempre disponible en una aplicación web y mediante los datos el apicultor tomará medidas preventivas en la colmena, con el objetivo de minimizar un efecto negativo en la producción de miel.

#### **3.2.2. *Ámbito del Sistema***

El sistema permitirá minimizar el estrés en las abejas y en consecuencia mejorar la producción de miel dentro de la colmena con un método de captura y almacenamiento de datos específicos del habitat de las abejas, con la ayuda de una plataforma en la nube se procesa la información que será mostrada al apicultor , el sistema luego de pruebas de funcionamiento podrá ser implementado en cada una de las colmenas del apiario, con el objetivo de incrementar la producción de miel gracias a la pronta respuesta a los posibles problemas que pueden afectar la colmena. El proyecto es planteado a un bajo costo y mejorar un ahorro de tiempo y mejorar ingresos económicos del apicultor.

### **3.2.3. Características del Beneficiario**

El beneficiario será directamente el apicultor, el sistema desarrollado será implementado dentro de una colmena del apiario. El sistema propuesto cuenta con una aplicación que presenta una interfaz amigable para el usuario, por lo tanto, el usuario tendrá la capacidad de ingresar a la aplicación mediante su contraseña y password, además de observar las mediciones realizadas por los sensores, el apicultor decide mediante las notificaciones tomar acciones de prevención en la colmena si lo requiere y evitar que afecte de forma indirecta en la producción de miel.

### **3.3. Descripción General del Proyecto**

El sistema llamado Strong-Bee de sensores para el monitoreo medición y recolección de datos que aporten en minimizar la generación de estrés en la colmena de un apiario consiste en las siguientes fases.

La primera fase empieza con la medición de los fenómenos físicos a través de los sensores colocados en la colmena en tiempos programados donde existe una mayor actividad de la colmena y por periodos que el apicultor sugiera de acuerdo a su experiencia, los sensores transforman las medidas del ambiente en señales eléctricas que son enviadas hacia el microprocesador, los sensores estarán integrados en un nodo o microprocesador, el cual recepta y trata la información, posteriormente el microprocesador establece conexión través de comunicación serial mediante el protocolo UART con el módulo de comunicación , que es el encargado del envío de la información mediante una tecnología de comunicación IoT hacia la plataforma en la nube. Las muestras permitirán evaluar las condiciones que se encuentra la colmena y enviará toda la información correspondiente a la colmena a una base de datos el cual almacenará la información en la nube. De acuerdo a las medidas tomadas por los

sensores de temperatura y humedad, se activará automáticamente si lo requiere el mecanismo de refrescar la colmena de acuerdo a las mediciones realizadas.

La siguiente fase es mostrar la información procesada en una aplicación Web, debe ser sencilla, didáctica y fácil comprensión de la información para el apicultor, la información debe estar siempre disponible y actualizada.

### **3.4. Requerimientos**

Mediante la encuesta realizada se logró adquirir información sustancial para determinar los elementos necesarios para la realización del prototipo. Por lo tanto, se necesita realizar una evaluación a los requerimientos de usuarios, requerimientos de sistema y requerimientos de arquitectura.

#### ***3.4.1. Construcción de Atributos de los Requerimientos***

La construcción de atributos se basa en los siguientes requerimientos: Stackholders, sistema y arquitectura, cada una de estas contienen sus propios atributos y es importante que cada uno de los requerimientos puedan ser verificables medibles y puedan ser cumplidos.

#### ***3.4.2. Nomenclatura de los Requerimientos***

Para realizar el análisis de requerimientos es necesario evaluar diferentes condiciones que permitan el desarrollo de un sistema adecuado a las necesidades del usuario final. Para lo cual se analizarán los siguientes requerimientos:

Para cada uno de los requerimientos se establece abreviaturas que permiten una mejor síntesis y manejo de los datos, como se indica en la Tabla 7

### **Tabla 7**

*Acrónimo de los requerimientos.*

---

|               |             |
|---------------|-------------|
| Requerimiento | Abreviatura |
|---------------|-------------|

---

|                     |     |
|---------------------|-----|
| <b>Stackholders</b> | RST |
|---------------------|-----|

|                |     |
|----------------|-----|
| <b>Sistema</b> | RSI |
|----------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| <b>Arquitectura</b> | RAR |
|---------------------|-----|

---

### 3.4.3. *Requerimientos de Stakeholders*

Los requerimientos ayudan a comprender de mejor manera las condiciones que el sistema debe realizar de acuerdo a la propuesta y entorno definido. Esto asegurar el cumplimiento del desarrollo del proyecto satisfaciendo las necesidades del apicultor. En la Tabla 8 se estimará los requerimientos de usuario como operacionales.

#### **Tabla 8**

##### *Requerimiento de Stakeholders*

---

|                                |           |       |          |
|--------------------------------|-----------|-------|----------|
| RST                            |           |       |          |
| Requerimientos de Stakeholders |           |       |          |
| Requerimientos                 | Prioridad |       | Relación |
|                                | Alta      | Media | Baja     |
| Requerimientos de Operación    |           |       |          |

---

---

|      |   |   |   |
|------|---|---|---|
| RST1 | El sistema debe medir el nivel de temperatura en el interior y exterior de la colmena | X |   |
| RST2 | El sistema debe medir el nivel de humedad en el interior y exterior de la colmena     | X |   |
| RST3 | El sistema debe medir el peso total de la colmena                                     | X |   |
| RST4 | El sistema debe activar y desactivar mecanismo de ventilación en la colmena           | X |   |
| RST5 | Sistema debe tomar muestras constantes del ambiente.                                  |   | X |
| RST6 | El sistema de operar a través de un sistema de batería.                               | X |   |
| RST7 | El sistema no interferirá en la vida cotidiana de las abejas.                         | X |   |
| RST8 | El usuario pueda activar el sistema mientras está en modo Stand-by.                   |   | X |
| RST9 | El sistema soporta las inclemencias del cambio climático.                             | X |   |

---

---

|       |   |   |   |
|-------|---|---|---|
| RST10 | Sistema debe tener la capacidad de envío de gran cantidad de datos hacia la base de datos en la nube. | X |   |
| RST11 | Sistema debe ser resistente a manipulación de las colmenas por parte del apicultor.                   | X |   |
| RST12 | El usuario requiere conocer gran cantidad de datos del estado de la colmena.                          |   | X |

#### Requerimiento de Uso

|       |  |   |   |
|-------|--|---|---|
| RST13 | Presentar resultados de los valores medidos de manera que el apicultor logre interpretarlos. | X |   |
| RST14 | Mostrar la información referente al estado de las colmenas en una aplicación.                | X |   |
| RST15 | La aplicación debe presentar graficas o imágenes para mostrar la información.                | X |   |
| RST16 | No cancelar un monto de dinero por el funcionamiento del sistema.                            | X |   |
| RST17 | Apicultor pueda observar la colmena a través de video.                                       |   | X |

---



---

|       |  |   |
|-------|--|---|
| RST18 | Colmena presente un código para ser identificado.  | X |
| RST19 | El apicultor necesita de credenciales para ingresar a la aplicación.   | X |
| RST20 | La aplicación debe ser compatible con Android y iOS  | X |
| RST21 | La información debe estar siempre disponible y actualizada para el apicultor.  | X |
| RST22 | El sistema debe generar una notificación al apicultor, indicando que existen valores críticos que ponen en peligro la colmena. | X |

---

Los requerimientos del sistema se obtuvieron a base de la encuesta efectuada al apicultor en este caso al dueño del apiario que lleva muchos años de experiencia en este arte, también guiándonos en información relacionada a este tipo de proyectos. Todo esto se realiza con el objetivo de que el usuario compagine correctamente con el sistema final.

#### **3.4.4. *Requerimientos de Sistema***

Los requerimientos del sistema son determinados por la observación directa de las necesidades de los usuarios, de la investigación acerca de sistemas de monitoreo y diagnóstico de las colmenas para evitar su pérdida, los requerimientos se establecieron por un apicultor que lleva algunos años realizando esta actividad. Para esto se realizó una encuesta al

apicultor, las encuestas se encuentran al final del documento en el Anexo B. En la Tabla 9 se detallan los requerimientos del sistema.

**Tabla 9**

*Requerimiento de sistema.*

| RSI                      |  |           |       |      |          |
|--------------------------|--|-----------|-------|------|----------|
| Requerimiento de Sistema |  |           |       |      |          |
| Requerimiento            |  | Prioridad |       |      | Relación |
|                          |  | Alta      | Media | Baja |          |
| Requerimiento de uso     |  |           |       |      |          |
| RSI1                     | Tipo colmena estándar para adaptación del sistema.   | X         |       |      |          |
| RSI2                     | Módulos de toma de datos del ambiente sin inferir en el hábitat de la colmena.   | X         |       |      |          |
| RSI3                     | Módulo de procesamiento de datos para la recepción y reenvío de datos, colocado en el exterior de la colmena, no afecte la misma.          | X         |       |      |          |
| RSI4                     | Módulo de comunicación que permita la comunicación entre el módulo de procesamiento de datos y el módulo de tratamiento de la información. | X         |       |      |          |

---

|                              |   |   |   |
|------------------------------|---|---|---|
| RSI5                         | Módulo de tratamiento debe almacenar y visualizar la información.   | X |   |
| RSI6                         | Módulo de tratamiento y visualización de información presenta la información almacenada al apicultor.             | X |   |
| RSI7                         | Sistema pueda ajustarse a las inclemencias climáticas.  | X |   |
| RSI8                         | Usuario puede acceder a la plataforma y visualizar la información de una colmena específica en cualquier momento. |   | X |
| RSI9                         | El sistema de monitoreo y recolección de información debe realizarse automáticamente.                             | X |   |
| Requerimiento de Performance |   |   |   |
| RSI10                        | Módulo de toma de datos deben tomar datos en el menor tiempo posible  | X |   |
| RSI11                        | Módulo de toma de datos deben ser fiables.  | X |   |
| RSI12                        | El módulo toma datos de los fenómenos ambientales sin importar el estado climático.                               | X |   |

---

---

|       |   |   |   |
|-------|---|---|---|
| RSI13 | Módulo de procesamiento de datos debe<br>receptar los datos del módulo de toma de<br>datos. | X |   |
| RSI14 | Módulo de procesamiento de datos debe<br>transmitir los datos al módulo de<br>comunicación  | X |   |
| RSI15 | Memoria EEPROM del microcontrolador<br>debe ser amplia.                                     |   | X |
| RSI16 | Memoria Flash del microcontrolador debe<br>ser amplia.                                      | X |   |
| RSI17 | Módulo de procesamiento de datos debe<br>tomar datos periódicamente                         | X |   |
| RSI18 | Módulo de comunicación debe enviar datos<br>a la base de datos periódicamente               |   | X |
| RSI19 | Módulo de comunicación debe operar en<br>frecuencias idóneas                                | X |   |
| RSI20 | Módulo de comunicación posea alta<br>velocidad de transmisión de datos.                     |   | X |
| RSI21 | Módulo de tratamiento debe almacenar la<br>información sin error.                           | X |   |

---

---

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
| RSI22                     | Módulo de tratamiento debe almacenar gran cantidad de información.   | X |
| RSI23                     | Módulo de presentación muestra a información compresible para el apicultor   | X |
| RSI24                     | Sistema debe operar correctamente días continuos sin problema.   | X |
| Requerimiento de interfaz |  |   |
| RSI25                     | Sensores del módulo de toma de datos debe tener un pin de salida lógica para conectarse con el microcontrolador            | X |
| RSI26                     | Módulo de procesamiento debe poseer varios pines analógicos y digitales para conectar los módulos de toma de datos.        | X |
| RSI27                     | Módulo de procesamiento debe tener comunicación serial para intercambio de secuencias de bit con el módulo de comunicación | X |
| RSI28                     | Módulo de comunicación debe tener comunicación serial para comunicarse con el módulo de procesamiento de datos.            | X |

---

---

|       |   |   |   |
|-------|---|---|---|
| RSI29 | Módulo de comunicación debe poseer una interfaz LAN inalámbrica WIFI para envío de datos hacia la base de datos en la nube. | X |   |
| RSI30 | Módulo de comunicación debe poseer una interfaz LAN inalámbrica GSM para envío de datos hacia la base de datos en la nube.  |   | X |

#### Requerimientos de modos y estados

|       |  |   |  |
|-------|--|---|--|
| RSI31 | Módulo de procesamiento de datos posea pines de entrada y salida de señales.   | X |  |
| RSI32 | Módulo de procesamiento de datos pueda ingresar en modo sleep o ahorro de energía al terminar medición de los factores físicos | X |  |
| RSI33 | Módulo de comunicación entre en modo de ahorro de energía al terminar de enviar los datos a la base de datos en la nube.       | X |  |
| RSI34 | Sistema ingresa en modo de espera mientras el módulo de toma de datos no genere nuevos datos.                                  | X |  |

#### Requerimientos físicos

|       |  |   |  |
|-------|--|---|--|
| RSI35 | Tamaño del módulo de toma de datos debe ser dispositivos pequeños para insertarlos | X |  |
|-------|--|---|--|

---

---

dentro de la colmena sin afectar  
significativamente en el diseño de la caja.

|       |   |   |
|-------|---|---|
| RSI36 | Tamaño de módulo de procesamiento y comunicación debe ser de tamaño reducido. | X |
|-------|---|---|

---

### 3.4.5. *Requerimiento de Arquitectura*

Para solventar los requerimientos del sistema se debe considerar los objetivos del mismo, que tengan una relación con la arquitectura planteada. Estos requerimientos son una guía para el desarrollo del diseño de la arquitectura del sistema e incluyen atributos de calidad y atributos considerados como primarios para el funcionamiento del sistema. En la Tabla 10 se detallan los requerimientos de arquitectura del sistema de monitoreo y diagnóstico de las colmenas de abejas para evitar sus pérdidas. Los drivers de arquitectura pueden ser un resumen detallado de todo lo requerimientos del sistema.

#### **Tabla 10**

*Requerimiento de Arquitectura.*

---

|                                |                     |                 |
|--------------------------------|---------------------|-----------------|
| RAR                            |                     |                 |
| <hr/>                          |                     |                 |
| Requerimientos de Arquitectura |                     |                 |
| <hr/>                          | <b>Prioridad</b>    | <b>Relación</b> |
| Requerimiento                  | Alta   Media   Baja |                 |
| <hr/>                          |                     |                 |
| Requerimientos Lógicos         |                     |                 |
| <hr/>                          |                     |                 |

---

|                          |   |   |   |
|--------------------------|---|---|---|
| RAR1                     | Soporte del protocolo UART entre el módulo de comunicación  | X |   |
| RAR2                     | Soporte para protocolo de comunicación entre módulo de tecnología y módulo de procesamiento de la información | X |   |
| RAR3                     | Soporte para configuración de los servicios de la plataforma en la nube                                       | X |   |
| RAR4                     | Soporte para la programación del módulo de procesamiento de los datos.  |   | X |
| Requerimientos de diseño |   |   |   |
| RAR5                     | Sistema pueda adaptarse a condiciones climáticas complicadas.   | X |   |
| RAR6                     | Sistema pueda ser fácil de manipular y movilizar, sin tener temor en daños del sistema                        | X |   |
| RAR7                     | Sistema no debe ser complicado en preparar y ejecutar el arranque del sistema                                 | X |   |
| RAR8                     | Operación del sistema se ejecuta a diario sin intervención del apicultor                                      | X |   |

---



---

|                           |  |   |   |
|---------------------------|--|---|---|
| RAR9                      | El sistema toma datos del ambiente y almacenar los datos en la plataforma en la nube.        | X |   |
| RAR10                     | Sistema toma datos periódicamente y envié a la base de datos                                 |   | X |
| RAR11                     | Perfiles de administrador y apicultor que permita visualizar la información de las colmenas. | X |   |
| Requerimiento de software |  |   |   |
| RAR12                     | El software de programación de código abierto para el módulo procesamiento de datos          | X |   |
| RAS13                     | Librerías de soporte para la configuración del módulo de procesamiento de los datos.         | X |   |
| RAS14                     | Script de programación para toma de datos de los sensores                                    | X |   |
| RAR15                     | Script para colocar en modo reposo al módulo de procesamiento de los datos.                  |   |   |
| RAR16                     | Script para encendido del módulo comunicación mediante software                              | X |   |

---

---

|       |   |   |
|-------|---|---|
| RAR17 | Script para envío de datos a la plataforma en la nube.                      |   |
| RAR18 | Plataforma en la nube compatible con desarrollo de proyectos IoT            | X |
| RAR19 | Plataforma en la nube permita almacenar tratar y visualizar la información. | X |

#### Requerimientos de Hardware

|       |   |   |
|-------|---|---|
| RAR20 | Se debe considerar que el módulo de toma de datos debe ser pequeño y pase desapercibido dentro de la colmena. | X |
| RAR21 | Módulo de toma de datos debe ser compatible con el módulo de procesamiento de datos.                          | X |
| RAR22 | Compatibilidad entre el módulo de comunicación y plataforma en la nube para el tratamiento de la información. | X |
| RAR23 | Módulo de comunicación inalámbrica para enviar la información hacia la base de datos en la nube.              | X |

---

---

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
| RAR24                     | Módulo de comunicación posea varias tecnologías para la comunicación inalámbrica                               | X |
| RAR25                     | Compatibilidad del módulo de comunicación con la plataforma para tratamiento y presentación de la información. | X |
| Requerimientos eléctricos |  |   |
| RAR26                     | Se necesita una batería recargable de 5v a 3A para el funcionamiento del sistema.                              | X |
| RAR27                     | Optimizar al máximo la duración de vida de la batería.   | X |

---

Los requerimientos mostrados en la tabla son relevantes para que exista una correlación precisa entre los requerimientos por el propietario y el sistema, gracias a esto, el desarrollo del sistema se realizara con las más altas prestaciones tanto en hardware software con un producto final robusto y funcional.

### **3.5. Recursos**

#### **3.5.1. Recursos Humanos**

Se indica las personas que se relacionaran con el desarrollo del proyecto, los profesionales brindaran un asesoramiento al desarrollo y terminación con existo la ejecución del mismo, se detallan en la Tabla 11 las personas relacionadas.

**Tabla 11***Requerimientos humanos.*

| Recursos Humanos |                       |
|------------------|-----------------------|
| Apicultor        | Sr. Luis Pambaquishpe |
| Tutor            | MSc. Carlos Vásquez   |
| Asesor           | MSc. Jaime Michilena  |
| Desarrollador    | Sr. Luis Lima         |

**3.5.2. Recursos Económicos**

En la Tabla 12 se muestra los recursos económicos de hardware necesarios para el desarrollo del sistema.

**Tabla 12***Recurso de Hardware.*

| Hardware     | Unidades | Precio | Precio total |
|--------------|----------|--------|--------------|
| HX711        | 1        | \$ 3.5 | \$ 3.5       |
| Dht22        | 3        | \$ 7   | \$ 21        |
| Celdas 50 KG | 4        | \$ 6.5 | \$ 26        |
| Wemos D1mini | 1        | \$ 7   | \$ 7         |
| Arduino Nano | 1        | \$ 12  | \$ 12        |

|                 |   |         |         |
|-----------------|---|---------|---------|
| Servomotor SG90 | 1 | \$ 2.50 | \$ 2.50 |
|                 |   |         | \$ 72   |

En la Tabla 13 se muestra los recursos económicos de software necesarios para el desarrollo del sistema. Por lo cual se debe pagar estos valores mensualmente para el funcionamiento del sistema.

**Tabla 13**

Recursos de software.

| Software     |        |          |
|--------------|--------|----------|
| Recurso      | Tiempo | Precio   |
| Event Hubs   | Mes    | \$ 11.10 |
| Stream       | Mes    | \$ 70    |
| Analytics    |        |          |
| SQL Database | Mes    | \$ 5     |
| App Service  | Gratis | \$ 0     |
|              |        | \$ 86.10 |

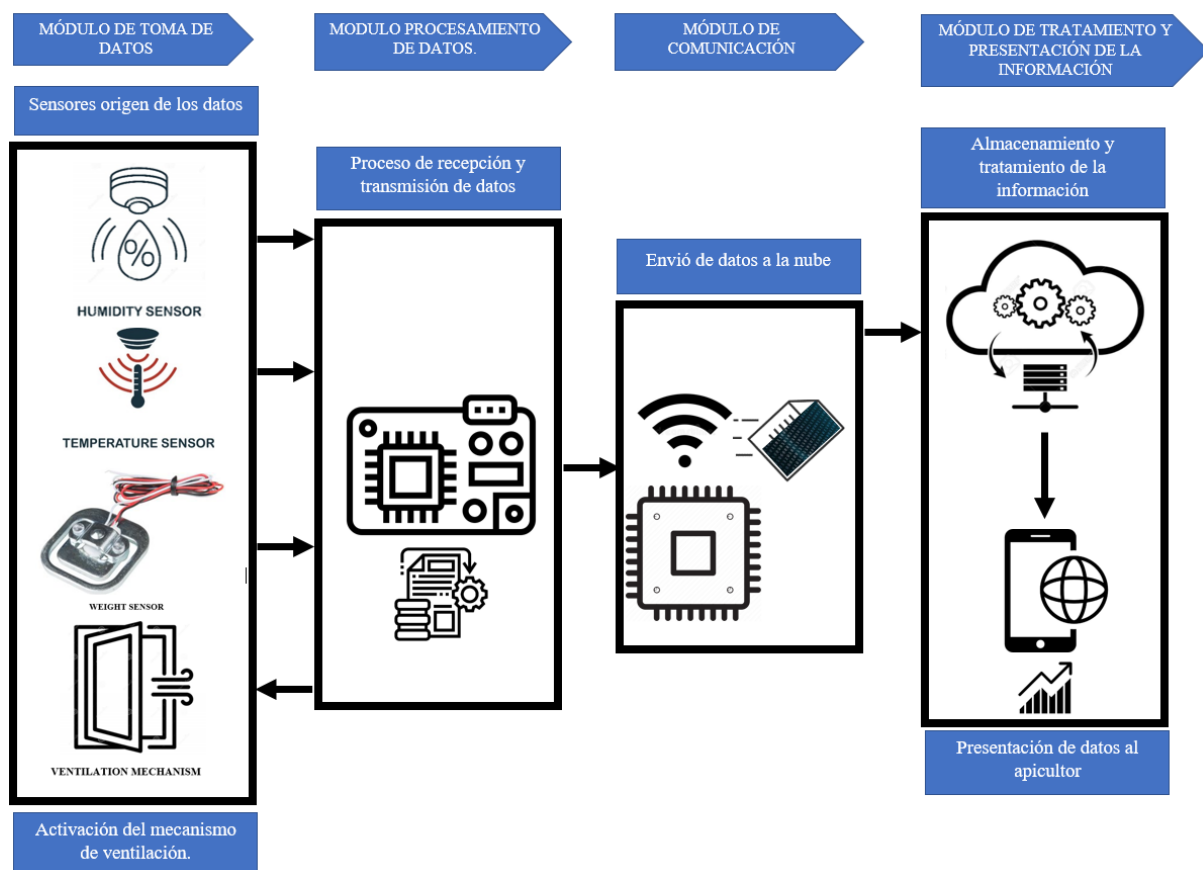
### 3.6. Diseño del Sistema

En la Figura 21 se logra apreciar la arquitectura detallada en bloques y el flujo que sigue la información al ejecutarse el sistema propuesto, además de ello se puede observar los módulos que conforman el mismo, por lo cual los módulos a tomar en cuenta son:

- Módulo de toma de dato
- Módulo de procesamiento de datos.
- Módulo de comunicación
- Módulo de tratamiento y presentación de la información.

**Figura 21**

*Arquitectura del sistema de monitoreo de colmenas*



*Nota.* Módulos que conforman el sistema de monitoreo de colmenas.

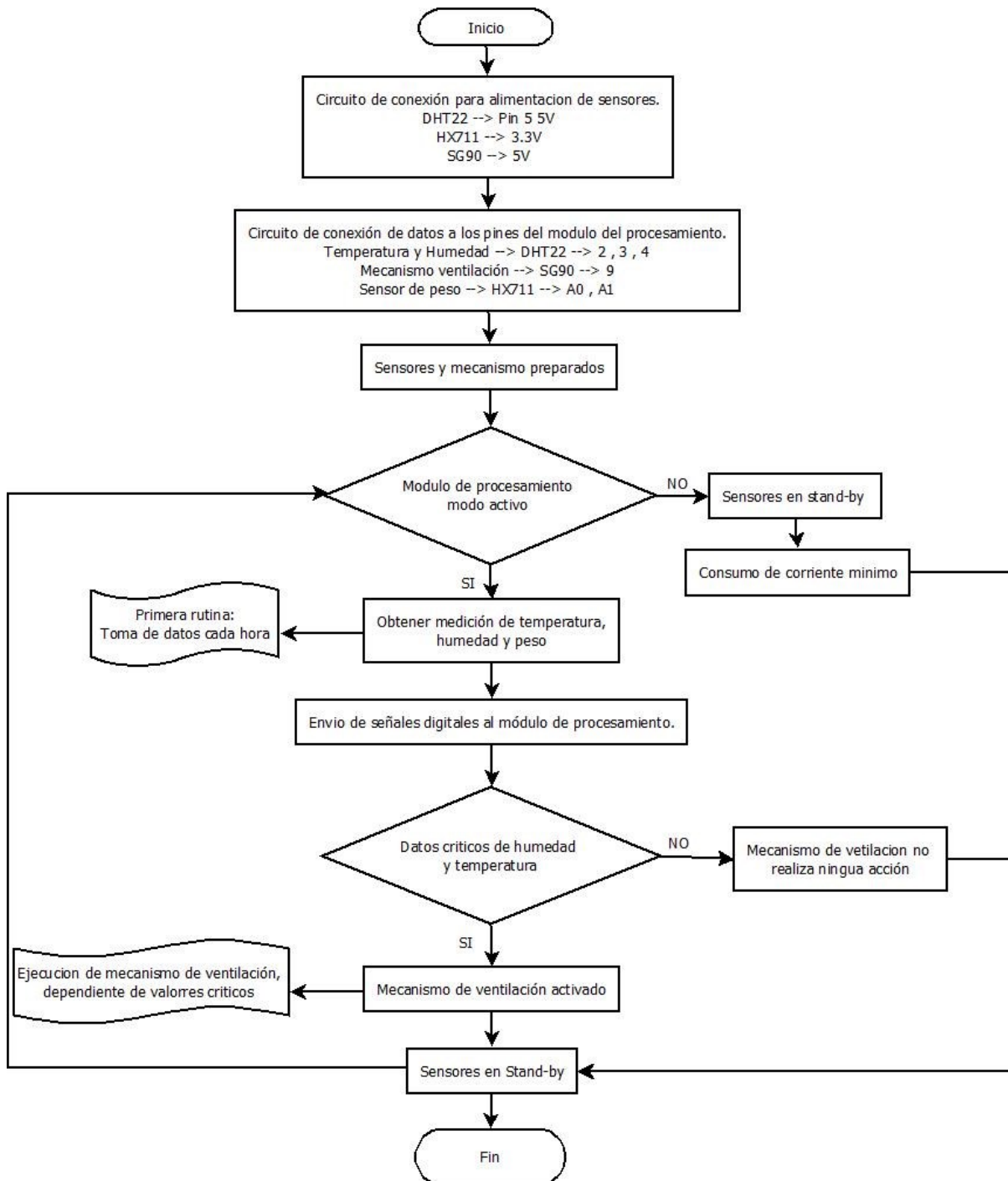
### **3.6.1. Módulo de Toma de Datos**

El módulo de toma de datos a tomar datos de los diferentes factores físicos del ambiente dentro y fuera de la colmena a través de sensores, y posterior enviar al módulo de procesamiento de datos conectando los pines de datos de los sensores a los pines del microcontrolador. Los valores tomados del ambiente se transforman en señal eléctrica y son receptados por el módulo de procesamiento de datos. En la Figura 22 se muestra el flujo general del módulo.

#### **3.6.1.1. Flujograma**

#### **Figura 22**

*Diagrama general del flujo del modulo de toma de datos del sistema Strong-Bee*




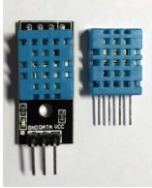

*Nota.* Flujograma del módulo encargado toma de datos del ambiente a través de los sensores colocados en la colmena.

### 3.6.1.2. Selección de Hardware

En la Tabla 14 se realiza una comparación entre diferentes tipos de sensores de temperatura y humedad, y elegir el idóneo para integración del módulo.



**Tabla 14***Selección de hardware.*

| Características generales y técnicas | Sensor SHT10  | Sensor DHT11  | Sensor DHT22  |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Ilustración                          |  |  |  |
| Rango de valores (°C)                | -55 - 150   | 0 - 50  | -40 – 80  |
| Precisión (°C)                       | ± 0.5   | ± 2   | ± 0.5   |
| Rango de valores (RH)                | 0 – 100 %   | 0 – 100 %   | 0 – 100 %   |
| Precisión (RH)                       | ± 5.0 %   | ± 4 %   | ± 2 %   |
| Sensibilidad (RH)                    | 1 %   | 1 %   | 0.1 %   |
| Pines de salida                      | 2   | 1   | 1   |
| Resistencia                          | Resistencia al contacto directo con el agua                                       | No es resistente al contacto con el agua  | No es resistente al contacto con el agua  |
| Compatibilidad                       | Arduino, Raspberry  | Arduino, Raspberry  | Arduino, Raspberry  |
| Tiempo de repuesta (seg)             | 8   | 10  | 2   |
| Tamaño (mm)                          | 49 * 14   | 16 * 12 * 5   | 22 * 28 * 5   |
| Voltaje (V)                          | 3.3 - 5.5   | 3 - 5.5   | 3.3 - 6   |
| Corriente (mA)                       | 1   | 2.5   | 2.5   |
| Stand-by (mA)                        | 0.015   | 0.15  | 0.05  |

|             |       |      |      |
|-------------|-------|------|------|
| Precio (\$) | 40.00 | 2.00 | 7.00 |
|-------------|-------|------|------|




### 3.6.1.3. Selección de Criterio

De acuerdo a la tabla comparativa entre las diferentes características de cada uno de los dispositivos, se decidió elegir el sensor DHT22 que permite tomar los datos de la colmena. La precisión en la toma de datos tanto de humedad y temperatura, además del tamaño y precio fueron las causas decisivas para su elección, el sensor seleccionado es el más idóneos para la aplicación en el proyecto. La ficha detalla del sensor DHT22 se encuentra en el Anexo J.

En la Tabla 15 se realizar una comparación para escoger el módulo adecuado para medir el peso de la colmena, factor importante en el sistema.

**Tabla 15**

*Selección del módulo de peso para pesaje de la colmena.*

| Características generales y técnicas | Módulo Hx711 + celda de carga   | Módulo Hx711 + celda de carga  | Módulo Hx711 + celda de carga   |
|--------------------------------------|---|--|---|
| Ilustración                          |  |  |  |
| Voltaje del módulo (V)               | 2.6 – 5.5   | 2.6 – 5.5  | 2.6 – 5.5   |
| Corriente del módulo (mA)            | >10   | >10  | >10   |
| Convertor                            | A/D   | A/D  | A/D   |

|                               |                 |                 |                 |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Pines de Salida               | 2               | 2               | 2               |
| Dimensiones (mm)              | 38 * 21 * 10    | 38 * 21 * 10    | 38 * 21 * 10    |
| Capacidad de carga (Kg)       | 3               | 10              | 50              |
| Señal de salida               | Señal eléctrica | Señal eléctrica | Señal eléctrica |
| Sensibilidad de salida (mv/V) | 1.0 ± 0.1       | 1.0 ± 0.15      | 1.0 ± 0.1       |
| Respetabilidad (FS)           | 0.03 %          | 0.03 %          | 0.03 %          |
| Voltaje celda (V)             | 3 – 10          | 3 – 10          | 3 – 10          |
| Corriente carga (mA)          | 1.5             | 1.5             | 1.5             |
| Inactivo (uA)                 | 1               | 1               | 1               |
| Precio (\$)                   | 8.50            | 10.00           | 9.50            |




#### **3.6.1.4. Selección de Criterio**

De acuerdo a la tabla comparativa entre las diferentes características de cada una de las celdas, se decidió elegir el módulo HX711 y celda de carga de 50 KG debido al material que se encuentra fabricada la colmena, además hay que agregar el peso de la población de abejas y producción de miel. Estos ítems fueron las causas decisivas para su elección. La ficha detalla del módulo HX711 y Celda de carga de 50 Kg encuentra en el Anexo L.

En la Tabla 16 se realiza la comparación para escoger el módulo adecuado para ejecutar favorablemente el mecanismo para la ventilación de la colmena

#### **Tabla 16**

*Selección de hardware para mecanismo de ventilación.*

| Características generales y técnicas | Servo SG90 Tower Pro  | S3003 Futaba Servo  | Servo Motor Mg995   |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Ilustración                          |  |  |  |
| Rango de rotación                    | 0 – 180 °   | 0 – 180 °   | 0 – 120 °   |
| Rapidez giro 60°                     | 0.1 seg   | 0.23 seg  | 0.2 seg   |
| Tamaño (mm)                          | 22 * 11.5 * 27  | 41 * 20 * 36  | 40.7 * 19.7 * 42.9  |
| Voltaje (V)                          | 4.8 – 6   | 4.8 – 6   | 4.8 - 7.2   |
| Señal de salida                      | PWM   | PWM   | PWM   |
| Compatibilidad                       | Arduino, Raspberry  | Arduino, Raspberry  | Arduino, Raspberry  |
| Pines de salida                      | 1   | 1   | 1   |
| Esfuerzo de torsión (kg/cm)          | 1.8   | 3.2   | 8.5   |
| Velocidad de giro (ms)               | 120 / 60°   | 230 / 60°   | 200 /60°  |
| Corriente (mA)                       | 100 - 250   | 200 - 500   | 500 – 900   |
| Inactivo (mA)                        | 10  | 7.2   | 10  |
| Peso (g)                             | 9   | 37.2  | 55  |
| Precio (\$)                          | 2.50  | 10.00   | 7.00  |

### 3.6.1.5. Criterio de Elección

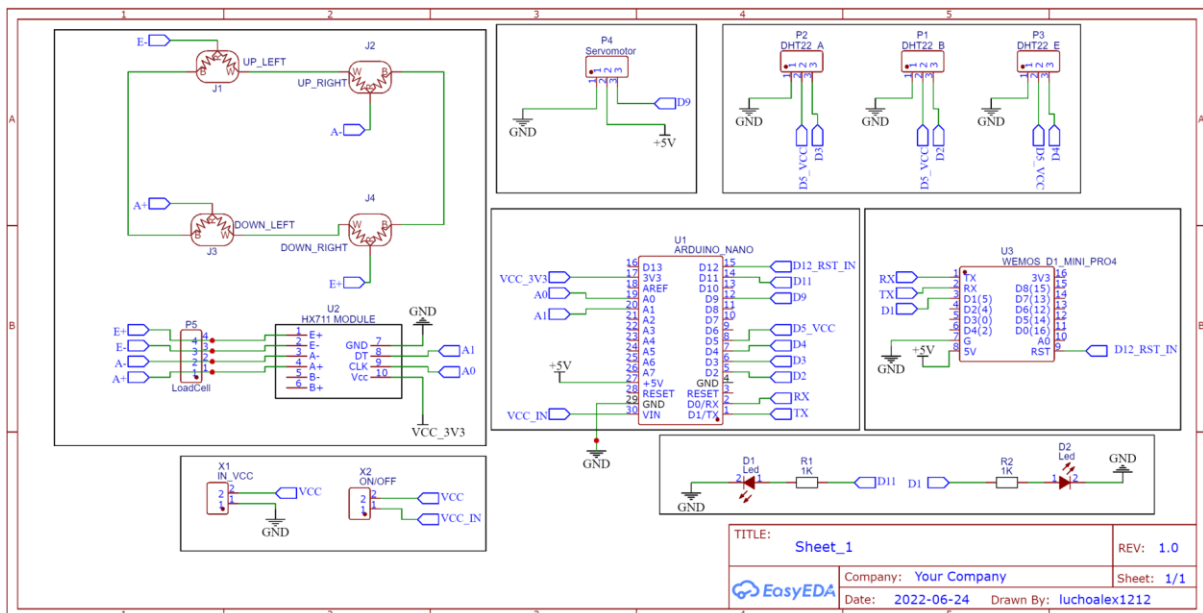
De acuerdo a la tabla comparativa entre las diferentes características de cada uno de los dispositivos, se decidió elegir el Servomotor SG90 que permitirá realizar el mecanismo de ventilación dentro de la colmena. El tamaño, el consumo de corriente, y precio fueron las causas decisivas para su elección, el servomotor seleccionado es el más idóneos para la aplicación en el proyecto. La ficha detalla del Servo SG90 se encuentra en el Anexo K.

### 3.6.1.6. Diseño

En la Figura 23, se puede apreciar el diagrama de conexión general, donde se integran el módulo de toma de datos (Sensores), módulo de procesamiento de datos (Microcontrolador) y el módulo de comunicación (WeMos D1 mini), a continuación, se detalla cada una de las partes que conforman el mismo.

**Figura 23**

*Diagrama general de los circuitos del sistema Strong-Bee*



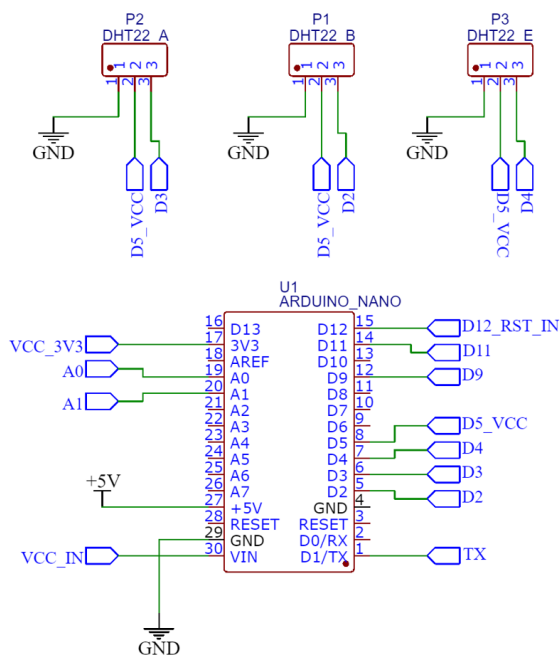
*Nota.* Esquema circuital de los módulos de toma de datos, módulo de procesamiento de datos y módulo de comunicación.

### 3.6.1.6.1. Sensores DHT22

En la Figura 24 se puede observar el diagrama de conexión de 3 sensores de temperatura y humedad, los cuales están distribuidos de la siguiente manera, 2 sensores al interior de la colmena (**DHT22 A**, **DHT22 B**) y 1 en el exterior (**DHT22 E**). Cada uno de los sensores requiere su pin a tierra (**GND**), pin de alimentación (**VCC**) el cual su alimentación es de 3.3V a 5V y una corriente de consumo de 2.5 mA, por lo cual un pin del Arduino nano tiene la capacidad de brindar un voltaje de 4.8V y una corriente máxima de 40 mA, con esto logramos controlar el encendido y apagado de los sensores para ahorro máximo energía del sistema y pin de datos (**DAT**). Cada uno de los pines de los sensores posee una etiqueta que corresponde, y con los pies del microcontrolador.

**Figura 24**

*Circuito eléctrico de sensores DHT22*



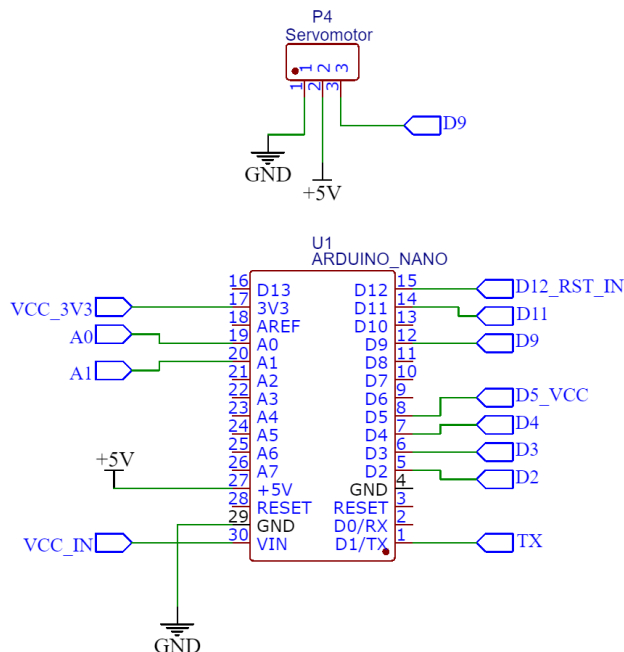
*Nota.* Esquema circuitual de los sensores de temperatura y humedad, colocados dentro y fuera de la colmena.

### 3.6.1.6.2. Servo Motor SG90

En la Figura 25, se puede observar el diagrama de conexión del mecanismo de ventilación, cual funciona a través de un servomotor, el cual posee pines a tierra (GND), pin de alimentación (+5V), el cual requiere para su funcionamiento un voltaje de 5V y pin de señal PWM (SIGNAL). El microcontrolador envía una señal PWM (Modulación por ancho de pulsos) a través del pin (SIGNAL) el cual permite girar al servomotor y controlar el proceso de ventilación cuando. Cada uno de los pines del servo motor posee una etiqueta que corresponde con los pies del microcontrolador.

**Figura 25**

*Circuito eléctrico de SG90*



Nota. Esquema circuital para el funcionamiento del mecanismo de ventilación de la colmena.

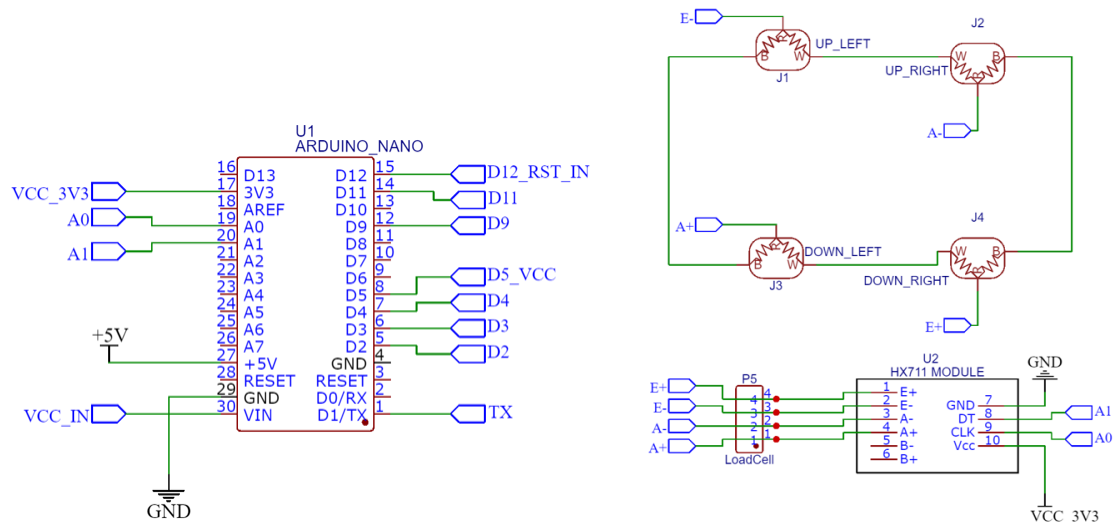
### 3.6.1.6.3. Módulo HX711

En la Figura 26, se puede observar el diagrama de conexión del mecanismo para medir el peso de la colmena, el módulo es un transmisor entre las celdas de carga y el microcontrolador permitiendo leer el peso de forma sencilla cuenta con un pin a tierra

(GND), pin de alimentación de 3 (+5V) y su operación de trabajo es de 2.6V a 5.5V y corriente  $<1.5$  mA y pin de reloj (CLK) y pin de datos (DT). Cada uno de los pines del módulo HX711 posee una etiqueta que corresponde con los pines del microcontrolador.

**Figura 26**

*Circuito eléctrico de módulo HX711*



*Nota.* Esquema circuital utilizado para el pesaje de la colmena.

#### 3.6.1.6.4. Iteración 1

En la Figura 27 se aprecia la colmena a modificar, este tipo de colmena es utilizada generalmente por el apicultor y se procede a realizarles las modificaciones necesarias para la adaptación de sensores, mecanismo de ventilación. La colmena de tipo Langstroth presenta las siguientes medidas 41 \* 51 \* 24.5 cm, por lo cual, se debe colocar de forma adecuada los sensores de manera que no interfiera negativamente la estructura de la misma o al habitat de las abejas.

**Figura 27**

*Caja tipo Langstroth a modificar.*





*Nota.* Caja tipo Langstroth, la cual fue modificada para la instalación de los sensores.

En la Figura 28 se observa el soporte modificado, diseñado especialmente para el uso de la colmena, para el pesaje de la colmena las celdas de carga ejercen un contacto con el soporte en las zonas indicadas en la figura.

### **Figura 28**

*Diseño de soporte para la colmena.*



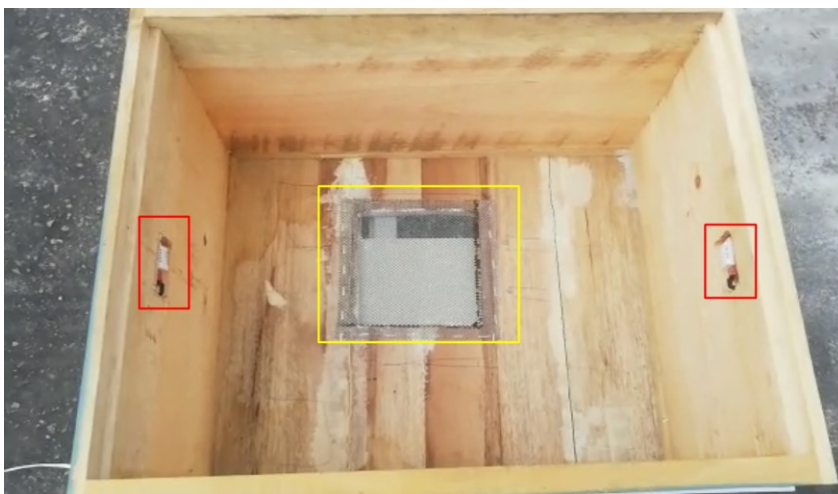
*Nota.* Caballete utilizado como soporte de la colmena y adecuado para el pesaje de la colmena.

En esta sección se muestra el desarrollo del módulo de toma de datos, para esto se utilizó la colmena tipo Langstroth, este tipo de colmena es la más común, utilizada por los apicultores por presentar medidas comunes y puedan integrarse con facilidad entre colmenas de este tipo, para la colocación de los sensores, se debió adecuar la colmena. Los sensores se encuentran distribuidos en el interior y exterior de la colmena, los sensores de humedad y temperatura internos y externo, el sensor de peso y el servomotor se encuentran colocadas estratégicas para el correcto funcionamiento del sistema.

En la Figura 29 se aprecia la caja tipo Langstroth modificada y se puede observar en el recuadro rojo el sensor DHT22 para la toma de datos al interior de la Coleman, otro sensor de iguales características se encuentra al frente del mismo, por lo tanto, dentro de la colmena se encuentran dos sensores DHT22. Además del recuadro amarillo se aprecia la apertura por el cual se realiza la ventilación de la colmena cuando el mismo lo requiera. El mecanismo de ventilación se encuentra diseñada en la parte inferior de la base de la colmena.

### **Figura 29**

*Colocación de Sensores DHT22 y ubicación de mecanismo de ventilación.*

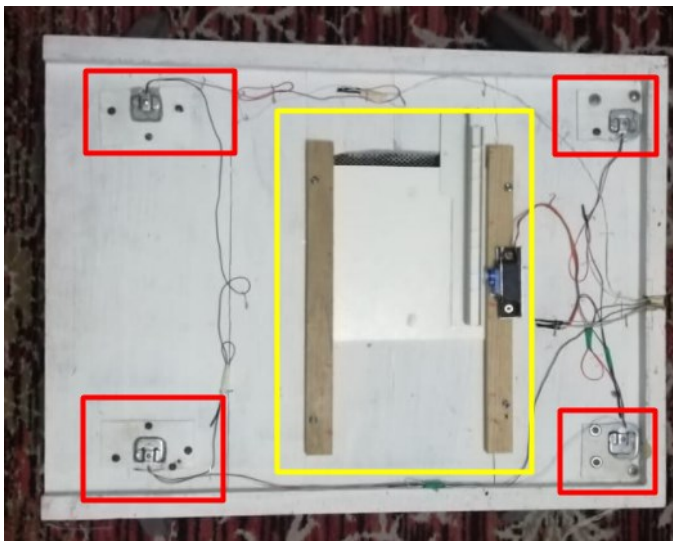


*Nota.* Colmena modificada para la colocación de sensores en el interior y exterior, además del mecanismo de ventilación en la parte inferior de la misma.

En la Figura 30, el recuadro rojo se aprecia las celdas de carga en las cuatro esquinas de la base que realiza contacto con el soporte indicado en la Figura 24, y el recuadro amarillo el mecanismo de ventilación, mediante el uso de un servomotor SG90 que al momento de recibir pulso PWM (Modulación por Ancho de Pulsos) permite girar el servomotor y realiza la acción de abrir o cerrar el mecanismo de ventilación.

### Figura 30

*Parte inferior de la base de la colmena, colocación de celdas de carga y servomotor como mecanismo de ventilación.*



*Nota.* Base o soporte de la colmena, parte inferior, colocación de las celdas de carga para el pesaje de la colmena y servomotor como mecanismo de ventilación.

#### 3.6.2. Módulo de Procesamiento de Datos.

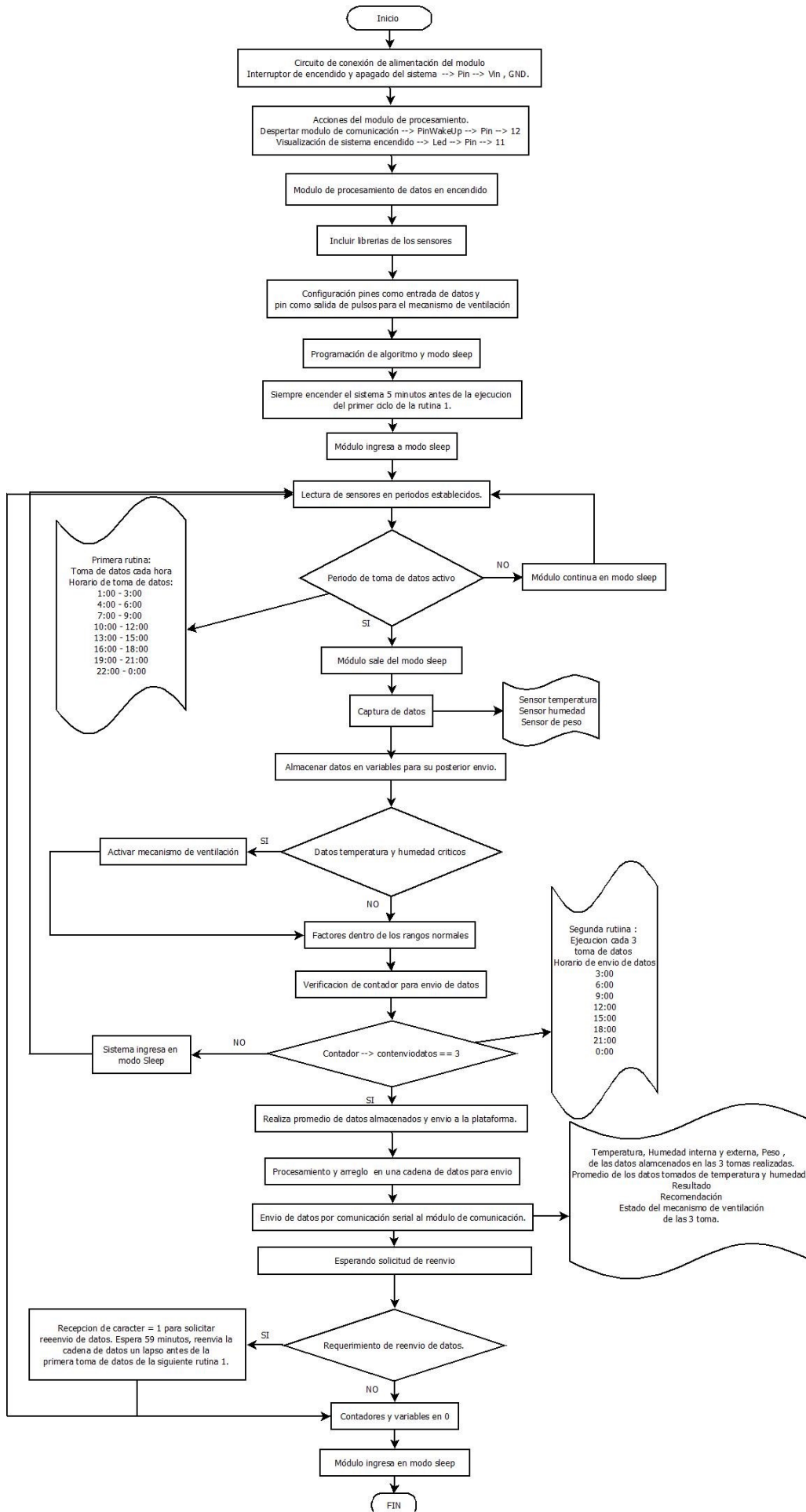
El módulo de procesamiento de datos permite recibir los datos medidos desde el módulo de toma de datos en forma de señales eléctricas, cada uno de los sensores deben estar conectados a los pines del microprocesador, por lo que es necesario que el microprocesador posea los pines necesarios para todos los módulos correspondientes. Los datos son recibidos

en el módulo y sobre ellos se ejecuta el procesamiento de los datos mediante instrucciones anteriormente configuradas por programador y consiguiente trasmitirlos al módulo de comunicación a través de comunicación serial mediante el protocolo UART. En la Figura 31 se muestra el flujo general del módulo.

### **3.6.2.1.      *Flujograma***

#### **Figura 31**

*Diagrama general del flujo del modulo de procesamiento de datos del sistema Strong-Bee*






*Nota.* Flujograma del módulo encargado de procesar los datos recibidos desde los sensores.

### 3.6.2.2. Selección de Hardware

En la Tabla 17 se realiza una comparación entre las placas de Arduino para escoger la idónea para la integración con el módulo de toma de datos

**Tabla 17**

*Selección del microcontrolador adecuado para el procesamiento de los datos.*

| Características generales y técnicas | Arduino Nano  | Arduino Uno   | Arduino Mega   |
|--------------------------------------|---|---|--|
| Ilustración                          |  |  |  |
| Microcontrolador                     | ATmega328   | ATmega328P  | RP2040   |
| Voltaje de operación (V)             | 5   | 5   | 3.3  |
| Voltaje de alimentación (V)          | 7 – 12  | 7 – 12  | 1.8 – 5.5  |
| Velocidad de reloj (MHz)             | 16  | 16  | 133  |
| Entrada/ salidas digitales           | 16  | 14  | 18   |
| Entradas/ salidas análogas           | 8   | 6   | 8  |
| Memoria flash (KB)                   | 32  | 32  | 2000   |
| SRAM (KB)                            | 2   | 2   | 264  |
| EEPROM (KB)                          | 1   | 1   | No tiene   |




|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Comunicación con Arduino               | UART, SPI, I2C   | UART, SPI, I2C   | 2x SPI, 2x I2C, 2x UART                          |
| Velocidad de comunicación serial (bps) | 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 o 115200 | 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 o 115200 | 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 o 115200 |
| Consumo corriente (mA)                 | 15   | 46   | 93   |
| Modo sleep (mA)                        | 0.3  | 24   | 1.3  |
| Dimensiones (mm)                       | 18 * 45  | 66.6 * 53.4  | 6 * 30 * 72                                      |
| Precio (\$)                            | 8  | 10   | 14   |

### 3.6.2.3. Selección de Software

En la Tabla 18 se selección el software adecuado para el desarrollo del sistema.

**Tabla 18**

*Selección del software para la programación del módulo de comunicación.*

| Características generales y técnicas | Arduino Nano  | Arduino Uno  | Raspberry   |
|--------------------------------------|---|--|---|
| Ilustración                          |  |  |  |
| Microcontrolador                     | ATmega328   | ATmega328P   | RP2040  |

|                                       |                |                |                             |
|---------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------|
| Entorno de desarrollo                 | Arduino IDE    | Arduino IDE    | Arduino IDE,<br>MicroPython |
| Licencia                              | Código abierto | Código abierto | Código abierto              |
| Librerías para modos de menor consumo | 6              | 6              | 4                           |
| Documentación                         | Suficiente     | Suficiente     | Escaso                      |

#### **3.6.2.4. Criterio de Elección**

Para el diseño del sistema y de acuerdo a los requerimientos del mismo se optó por utilizar el microcontrolador ATmega328 el cual está integrado en la placa de Arduino nano. La elección del Arduino uno se llevo a cabo de la tabla comparativa. Los requerimientos de bajo consumo de energía en modo sleep, es un punto a destacar ,el sistema pasara la mayoría de tiempo en reposo, por lo que se debe ahorrar la mayor cantidad de energía ,para una mayor duración de las baterías , además de la suficiente documentación y librerías para el objetivo del mismo, comunicación serial importante para la comunicación con el módulo de comunicación a través del protocolo UART, protocolo de seguridad necesarios para la conexión con el módulo de procesamiento de la información, y para finalizar su tamaño y precio fueron las causas por el cual se eligió el microprocesador ATmega328 que está integrado de la placa Arduino nano. La ficha detalla del microprocesador ATmega328 se encuentra en el Anexo M.



### 3.6.2.5. *Diseño*

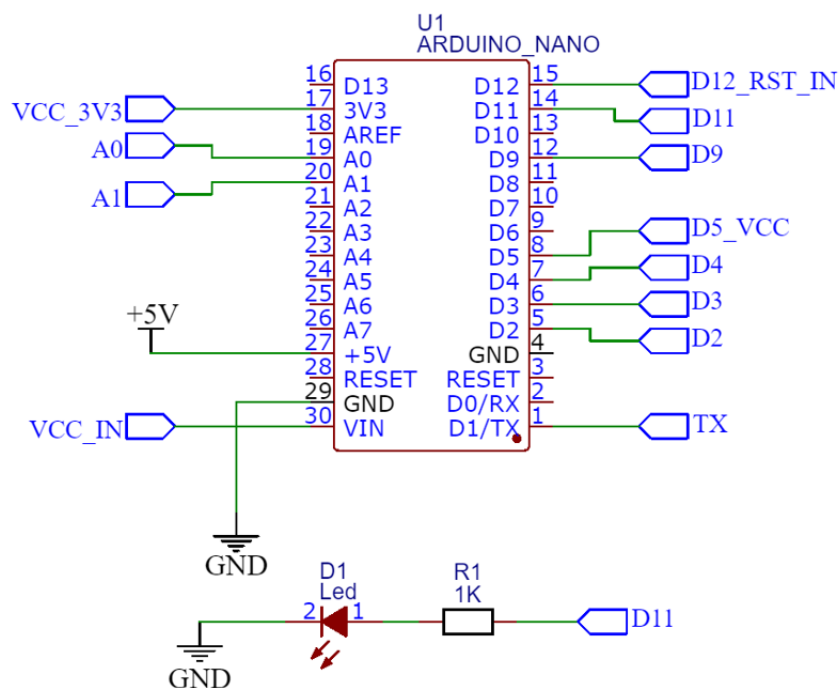
En este apartado se pretende mostrar las secciones más relevantes y detallarlas de mejor manera y se pueda comprender de mejor manera el desarrollo del mismo. Al final en el Anexo D se mostrará toda la programación realizada y detallando la programación realizada.

#### 3.6.2.5.1. *Led de Sistema de Encendido*

En la Figura 32, se puede observar la conexión de un led rojo al pin D11 a través de una resistencia que permite representa el sistema se encuentra activo y listo para su funcionamiento. EL led titila 3 veces como notificación que el sistema se encuentra activo.

**Figura 32**

*Circuito eléctrico de sistema de led encendido*



*Nota.* Esquema circuital del led de verificación de apagado y encendido del sistema.

- **Cálculo de Valor de Resistencia**

La resistencia permite limitar el flujo de corriente y asegurar la vida útil del led, se calcula mediante el uso de la Ecuación 1, conocida como la ley de OHM

Voltaje de consumo de led = 3.4 V ( $V_{led}$ )

Voltaje de alimentación = 5 V ( $V_{fuente}$ )

Amperaje = 20 mA

$$V = I * R \quad (1)$$

$$R = V/I$$

$$R = \frac{V_{resistor} - V_{led}}{20} mA$$

$$R = (5V - 1.8V)/20 mA$$

$$R = \frac{3.2V}{20 mA}$$

$$R = 160 \text{ ohms}(\Omega)$$

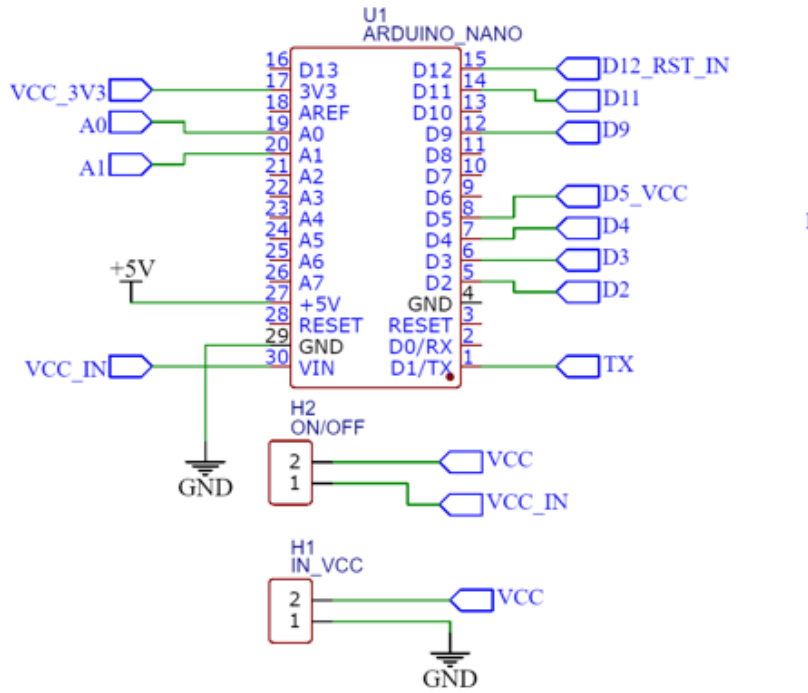
- Valores comerciales más cercana es 150  $\Omega$

#### 3.6.2.5.2. *Alimentación Eléctrica*

La Figura 33 muestra la conexión para alimentar al Arduino nano, el cual se conecta a **H1 IN\_VCC**, **VCC** y **GND** correspondientemente, posterior a ello en el **H2 ON/OFF** se coloca un interruptor para el encendido y apagado del sistema. Al final se conecta al **VCC\_IN** del microcontrolador para alimentar al mismo.

### Figura 33

*Circuito eléctrico de ON/OFF*

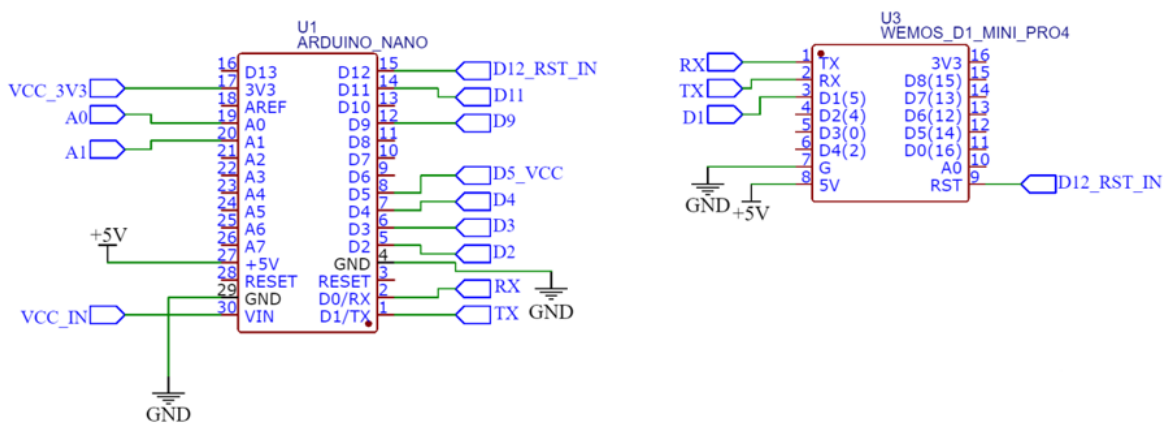


*Nota.* Esquema circuitual para el encendido y apagado del sistema.

En la Figura 34, se observa como alimentar el módulo de comunicación, mediante pin de 5V con etiqueta +5V del Arduino Nano se permite alimentar al **WeMos D1 mini** a través del pin 5V del **WeMos D1 mini**.

**Figura 34**

*Circuito eléctrico de alimentación a módulo de comunicación*



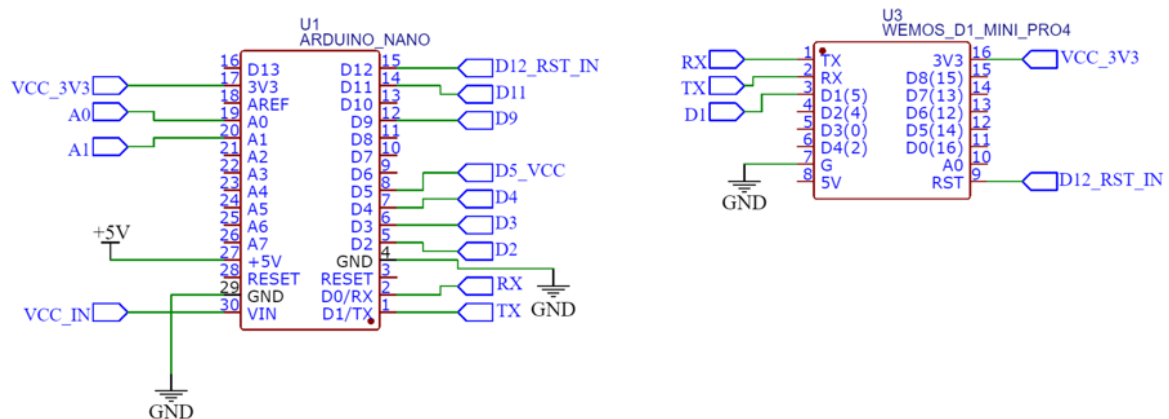
*Nota.* Esquema circuitual para la alimentación eléctrica del módulo de comunicación.

### 3.6.2.5.3. *Despertar del Módulo de Comunicación*

La Figura 35 muestra el esquema de conexión que permite a través del pin con etiqueta **D12\_RST\_IN** permite enviar un estado **LOW** durante un corto tiempo para sacar del modo sleep al **WeMos D1 mini**.

**Figura 35**

*Circuito para despertar el módulo de comunicación.*



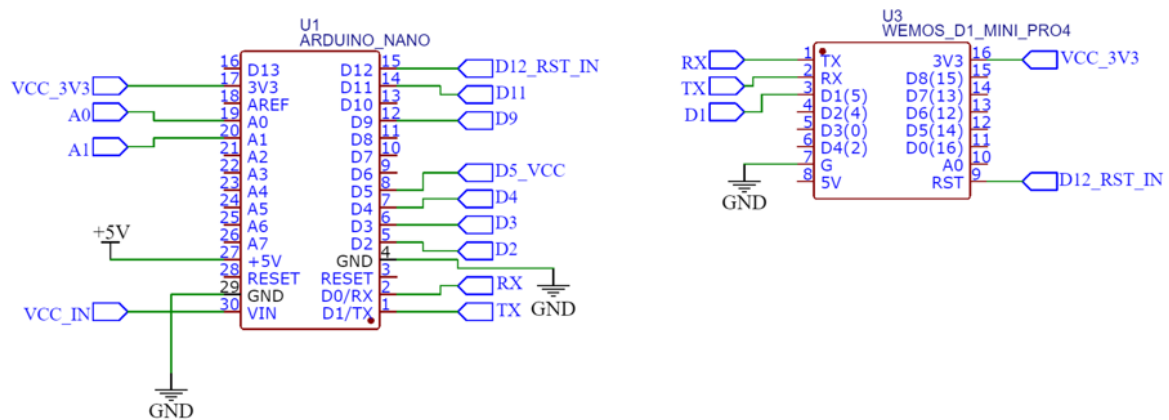
Nota. Esquema circuital para despertar el módulo de comunicación para la recepción de los datos desde el módulo de procesamiento de datos.

### 3.6.2.5.4. *Comunicación Serial entre Módulo de Procesamiento de Datos y Comunicación.*

La Figura 36 se puede apreciar la comunicación Serial a través del protocolo UART (transmisor-receptor asíncrono universal), permite enviar los datos procesados hacia el módulo de comunicación, a través del pin **D1/TX** de etiqueta **TX** del microcontrolador Arduino Nano y el pin **RX** de etiqueta **TX** del WeMos D1 mini. Cabe recordar que se utiliza el pin de transmisión en un módulo de procesamiento y el pin de recepción en el módulo de comunicación. Además, se conecta el pin de transmisión **TX** del módulo de comunicación y el pin de recepción **RX** del módulo de procesamiento de datos, con el objetivo de solicitar el reenvío de la cadena de datos procesados en el evento que lo requiera.

**Figura 36**

*Circuito de comunicación entre Módulo de procesamiento de datos y Comunicación*



*Nota.* Esquema circuital que permite el envío de datos desde el módulo de procesamiento al módulo de comunicación y solicitud de reenvío desde el módulo de comunicación al módulo de procesamiento.

#### 3.6.2.5.5. *Librerías Utilizadas*

La Figura 37, se muestra la lista de librerías utilizadas en el módulo para el procesamiento de datos, las librerías permiten brindar las instrucciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema.

**Figura 37**

*Librerías utilizadas en el módulo de procesamiento del sistema.*

```
//Librerias Sensor DHT22
#include <DHT_U.h>
// Libreria para servo SG90
#include <Servo.h>
// Libreria para entrar en modo sleep
#include "LowPower.h"
// Libreria del modulo HX711
#include <HX711.h>
```

*Nota.* Instalación de librerías al módulo de procesamiento para el funcionamiento de los sensores, mecanismo de ventilación y configuración del modo Stand-by del módulo en el software Arduino IDE.

### 3.6.2.5.6. *Funcionalidades del Sistema*

En la Figura 38, se puede apreciar los métodos que realizará el sistema, se detallará cada una de forma más clara.

#### **Figura 38**

*Métodos a realizar el módulo de procesamiento del sistema*

```
{
  sensorDHT(); // metodo de lectura de sensor DHT22 Temperatura y Humedad
  metodoPeso(); // medicion de peso de la colmena
  ventilacion(); // Activacion de mecanismo de ventilacion
  delay(2000);
  resultado(); // metodo para resultado de la suma de los promedio y envios a la plataforma
  recomendacion(); // metodo para emitir una recomendacion de acuerdo al apicultor
  conteoForsend(); // envio de datos a la nube
  recepcion(); // recibe valor por comunicacion serial para solicitud de reenvio
  resetear_variables(); // inicializar las variables
  modo_sleep(); // ingresar en modo sleep
}
```

*Nota.* Métodos del void loop importantes la ejecución del módulo de procesamiento de datos en el software Arduino IDE.

Como primera funcionalidad es la lectura de los sensores **DHT22**, en el interior y exterior de la colmena. El sensor **DHT22** realiza una lectura de humedad y temperatura cada dos segundos como se observa en la Figura 39, además , fue necesario agregarle valores a cada lectura con el objetivo de que la lectura de cada uno de los sensores sea semejante, de forma que al ser expuesto en al área de trabajo puedan brindar datos exactos, también los sensores requieren de un cierto tiempo para estabilizarse, por lo cual, es necesario que los sensores tomen datos a la 5<sup>o</sup> toma de datos , el dato es almacenado en una variable , esto sucede mientras se ejecuta la rutina uno como se muestra en la Figura 40. Este proceso se

realizó con todos los sensores DHT22. Después de realizar este procedimiento, se logró tener un valor más real y semejante entre los 3 sensores.

### Figura 39

*Toma de datos de temperatura y humedad de los sensores DHT22.*

```
sensors_event_t eventA;
dhtint1.temperature().getEvent(&eventA);
tempint1 = eventA.temperature - 0.1;
dhtint1.humidity().getEvent(&eventA);
humint1 = eventA.relative_humidity - 10.5 ;

sensors_event_t eventB;
dhtintb1.temperature().getEvent(&eventB);
tempintb1 = eventB.temperature ;
dhtintb1.humidity().getEvent(&eventB);
humintb1 = eventB.relative_humidity - 3.3 ;

sensors_event_t eventE;
dhtext1.temperature().getEvent(&eventE);
tempext1 = eventE.temperature - 0.6;
dhtext1.humidity().getEvent(&eventE);
humext1 = eventE.relative_humidity - 14.2;
```

*Nota.* Línea de programación para la toma de datos de temperatura y humedad de la colmena.

### Figura 40

*Datos de temperatura y humedad almacenados de la primera rutina.*

```

if (cont == 4)
{
    // Almacena los datos de temperatura y humedad en variables

    if(contenviodatos == 0)
    {
        tempintal_1 = tempintal;
        humintal_1= humintal;
        tempintbl_1 = tempintbl;
        humintbl_1 = humintbl;
        tempextal_1=tempextl;
        humextal_1=humextl;
    }

    if(contenviodatos == 1)
    {
        tempintal_2 = tempintal;
        humintal_2= humintal;
        tempintbl_2 = tempintbl;
        humintbl_2 = humintbl;
        tempextal_2=tempextl;
        humextal_2=humextl;
    }

    if(contenviodatos == 2)
    {
        tempintal_3 = tempintal;
        humintal_3= humintal;
        tempintbl_3 = tempintbl;
        humintbl_3 = humintbl;
        tempextal_3=tempextl;
        humextal_3=humextl;
    }
}

```

*Nota.* Almacenamiento en variables los datos de temperatura y humedad de los sensores internos y externo de la colmena, en cada ciclo de la rutina 1.

El método para medir el peso de la colmena requiere con anticipación realizar una calibración. Gracias a la calibración se puede obtener un valor de calibración que se ingresa en el sistema y empezar con el pesaje del mismo. Como se observa en la Figura 37, la librería HX711 tiene la funcionalidad que permite al módulo ingresar en modo Down reduciendo el consumo de corriente, mientras el módulo se encuentre en modo reposo, el consumo de corriente es de 1 mA aproximadamente, para la próxima lectura el método se coloca en modo Up para continuar con el pesaje del mismo como se observa en la Figura 41.

#### **Figura 41**

*Librería para entrar y salir del modo Stand-by del sensor de peso.*



```

| bascula.power_down(); //Entra en modo sleep asta la proxima toma de datos
| }

void metodopeso() // Metodo para obtener el peso de la colmena
{
    bascula.power_up(); // Sale del modo Sleep el modulo HX711
}

```

*Nota.* Línea de código necesaria para ingresar y salir al modo sleep de sensor de peso, para precautelar la duración de la batería.

Mecanismo de ventilación como se observa en la Figura 42, el mecanismo de ventilación se activa dependiendo de los valores críticos tomados por los sensores al interior de la colmena, al tener medidas críticas de temperaturas o humedad, las abejas activan un mecanismo para reducir el calor en el interior de la colmena, consumimiento energía extra realizando procesos no habituales y brindando como resultado la reducción del tiempo de vida de las abejas. Para lo cual mediante el mecanismo de ventilación se realiza un apoyo al habitat óptimo de la colmena. Realizando una apertura total o parcial de un mecanismo de ventilación en la parte inferior de la colmena, dependiente de valores críticos en la temperatura y humedad.

## Figura 42

*Método para activación del mecanismo de ventilación del sistema.*

```

void ventilacion()
{
    if ((tempintb1 <= 35) && (humintb1 >= 60))

    if ((tempintb1 >= 36) && (tempintb1 <= 38) && (humintb1 <= 59))

    if ((tempintb1 >= 39) && (tempintb1 <= 41) && (humintb1 <= 50))
}

```

*Nota.* Parámetros para la activación del mecanismo de ventilación de acuerdo a los valores críticos tomados del ambiente dentro de la colmena, en el módulo de procesamiento,

El método resultado se realiza la sumatoria de los datos tomados y almacenados en variables y su posterior división como se observa en la Figura 43. Mediante este método se puede obtener los promedios de los valores tomados durante la primera rutina, con este resultado el apicultor tiene una idea más clara como se encuentra la colmena durante el tiempo que se ejecuta la rutina 1 (aproximadamente un intervalo de 3 horas)

### Figura 43

*Promedio de los datos tomados de los sensores DHT22 en la rutina 1.*

```

resulprometempintal = ( tempintal_1 + tempintal_2 + tempintal_3 ) / divisorpromedio; // Sumatoria de los promedios de temperatura A dividido para 3
resulpromehumintal = ( humintal_1 + humintal_2 + humintal_3 ) / divisorpromedio; // Sumatoria de los promedios de humedad A dividido para 3
resulprometempintbl = ( tempintbl_1 + tempintbl_2 + tempintbl_3 ) / divisorpromedio; // Sumatoria de los promedios de temperatura B dividido para 3
resulpromehumintbl = ( humintbl_1 + humintbl_2 + humintbl_3 ) / divisorpromedio; // Sumatoria de los promedios de humedad B dividido para 3
resulprometempextl = ( tempextal_1 + tempextal_2 + tempextal_3 ) / divisorpromedio; // Sumatoria de los promedios de temperatura exterior dividido para 3
resulpromehumextl = ( humextal_1 + humextal_2 + humextal_3 ) / divisorpromedio; // Sumatoria de los promedios de humedad A exterior para 3

```

*Nota.* Obtención de los promedios de los datos de temperatura y humedad de los sensores tomados en la primera rutina del módulo de procesamiento.

Como se muestra en la Figura 44, el método *Conteo para envío o conteoforsend* permite que después de realizar 3 toma de datos, una toma de datos dentro de una hora aproximadamente, los datos sean enviados a la nube y almacenados en la base de datos, en la ejecución del método, envía un estado **LOW** hacia el módulo de comunicación para sacarlo del modo *Sleep* y reiniciar el modulo y se mantiene en modo **HIGH**, el módulo de comunicación pueda recibir los datos y enviarlos a la nube, luego de ellos se envía a través de comunicación serial los datos ordenados para su reenvío a la nube. Y nuevamente empieza el conteo hasta el próximo envío.

### Figura 44

*Envío de estado LOW para despertar módulo de comunicación y envío de datos por comunicación serial*

```

void conteoforsend() // metodo para despertar el modulo de comunicacion
{
  if (conteniendodatos == 3 )
  {
    pinMode(PINWAKEUPNODEMCU, OUTPUT); // Configura pin en modo salida para despertar NodeMCU
    digitalWrite(PINWAKEUPNODEMCU, LOW); // envia un estado bajo al pin RST del modulo de comunicacion
    delay(50);
    pinMode(PINWAKEUPNODEMCU, INPUT); // Configura pin en modo salida para despertar WeMos
    delay(500);
    cadenadatos(); // cadena de datos para enviar al modulo de comunicacion por comunicacion seria
  }
}

```

*Nota.* Al fin de la primera rutina e inicio de la rutina 2, se emite un estado LOW para reiniciar el módulo de comunicación para él envío de datos.

En el método recomendación ofrece al apicultor, indicativos del estado del ambiente en el que se encuentra expuesta la colmena durante periodos de tiempo (3 horas aproximadamente), Con la toma de datos se puede establecer si la existen datos críticos que necesitan ser atendidas de forma inmediata por el apicultor , los datos críticos continuos afectan negativamente al desarrollo de la colmena y futura producción, o en otro caso puede indicar que la colmena se encuentra en un ambiente óptimo para su desarrollo. Los datos tomados en la primera rutina son almacenados para luego obtener un valor promedio y dependiendo del valor obtenido se puede obtener una recomendación como se observa en la Figura 45.

#### **Figura 45**

*Tipos de resultado de acuerdo a los valores promedios humedad y temperatura del ambiente.*

```

void recomendacion()
{
    if (contenviodatos == 3)
    {
        if ( resulprometempextl <= 10.00 )
        {
            result = 1;
            recomienda = 3;
        }

        if ( (resulprometempextl >= 10.1 ) && (resulprometempextl <= 15.00)&& (resulpromehumextl <=70))
        {
            result = 2;
            recomienda = 2;
        }

        if ( (resulprometempextl >= 10.1 ) && (resulprometempextl <= 15.00)&& (resulpromehumextl >= 71 ))
        {
            result = 3;
            recomienda = 2;
        }

        if ( (resulprometempextl >= 18.01 )&& (resulprometempextl <= 25.00))
        {
            result = 4;
            recomienda = 1 ;
        }

        if ( (resulprometempextl >= 25.01) && (resulprometempextl <= 27.00))
        {
            result = 5;
            recomienda = 1 ;
        }

        if ( resulprometempextl >= 27.01 )
        {
            result = 6;
            recomienda = 3;
        }
    }
}

```

*Nota.* El ambiente dentro de la colmena se determina a partir del promedio de los datos tomados en la primera rutina.

En la Figura 46 se observa el método de resetear, el cual permite resetear las variables unos segundos antes de nuevo inicio de la rutina 1(La rutina 1 consta de 3 eventos y cada evento se realiza a cada hora aproximadamente).

### **Figura 46**

*Reseteo de variables utilizadas*

```

void resetear_variables() // resetea todas las variables para la proxima vez que despierte
{
  promehumintbl = 0;
  prometempintbl = 0;
  promehumintal = 0;
  prometempintal = 0;
  promehumextl = 0;
  prometempextl = 0;
  contpeso = 0;
  cont = 0;
  cadena = "";
}

```

*Nota.* Las variables son reseteadas al nuevo inicio de la primera rutina.

En la Figura 47, se puede observar el método modo sleep, el cual permite al módulo de procesamiento de datos (Arduino Nano), entrar en modo sleep y mediante una declaración **for** se puede extender el tiempo de reposo del módulo.

### Figura 47

*Método sleep del módulo de procesamiento de datos del sistema.*

```

void modo_sleep() // metodo de entrar en modo sleep
{
  //Serial.println("fin");
  delay(10);
  for (int i = 0; i < (432 - tiemporeenvio ); i++) /// permite aumentar el tiempo que permanece
  {
    LowPower.powerDown(SLEEP_8S, ADC_OFF, BOD_OFF); // Modo maximo de ahorro de energia , duen
  }
  delay(2000);
}

```

*Nota.* El método permite al módulo entrar en modo reposos durante se ejecute la instrucción.

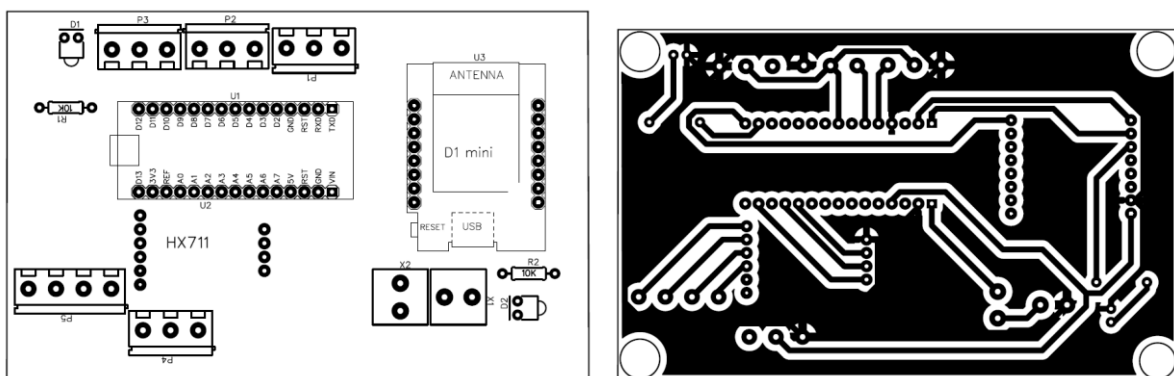
#### 3.6.2.5.7. Iteración 2

En este apartado se diseñó la placa, para el diseño de la placa se utilizó el software EasyEDA. Para el diseño de la placa se debió pensar en la facilidad de montar y desmontar la colmena para ser transportada a su nueva ubicación, por lo cual se diseñó de tal forma que los sensores puedan conectarse y desconectarse al módulo de procesamiento de datos. En la Figura 44 se muestra el diseño de la placa que permite integrar el módulo 2 y módulo 3 en la misma placa

En la Figura 48 muestra el diseño de la placa PCB superior e inferior, en la placa se coloca el microcontrolador Arduino nano para el procesamiento de los datos, Wemos D1 mini para envío de datos hacia la plataforma, módulo HX711 se utiliza como amplificador de las celdas de carga para el pesaje de la colmena, resistencia para la conexión de leds de notificación, borneras dedicadas para sensores DHT22 (recuadro rojo), mecanismo de ventilación mediante el servomotor SG90 (recuadro naranja), celdas de carga de 50 KG (recuadro amarillo), interruptor de encendido y apagado (recuadro verde), alimentación de energía (recuadro azul). Los datos tomados en rutinas 1 y rutina 2 son receptados en el módulo de procesamiento para su organización en una cadena de datos y ser transmitidos al módulo de comunicación (WeMos D1 mini) para su posterior reenvío a la plataforma.

### Figura 48

*Diseño de placa PCB superior e inferior.*

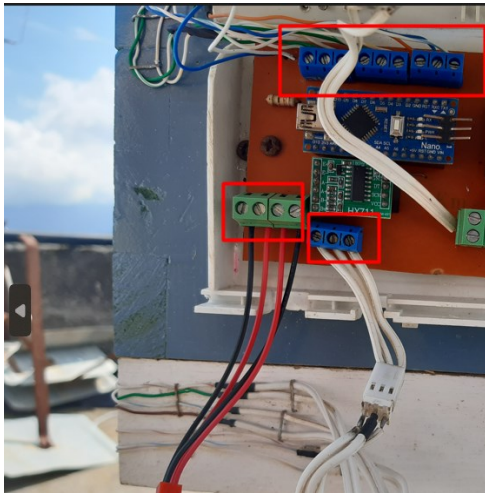


Nota. Diseño de la placa del sistema Strong-Bee elaborada en el software EasyEDA.

En la Figura 49 se logra observar cómo los cables de los sensores tanto de temperatura y humedad, sensor de peso y servomotor, ingresan a la caja de protección y se conectan a la placa diseñada, los cuales están conectados directamente a los pines del microcontrolador, mediante esto se puede validar la integración del módulo 1 y módulo 2 del sistema.

**Figura 49**

*Conexión de pines entre el módulo de toma de datos y el módulo de procesamiento de datos.*



*Nota.* Conexión del módulo de toma de datos con el módulo de procesamiento de la información.

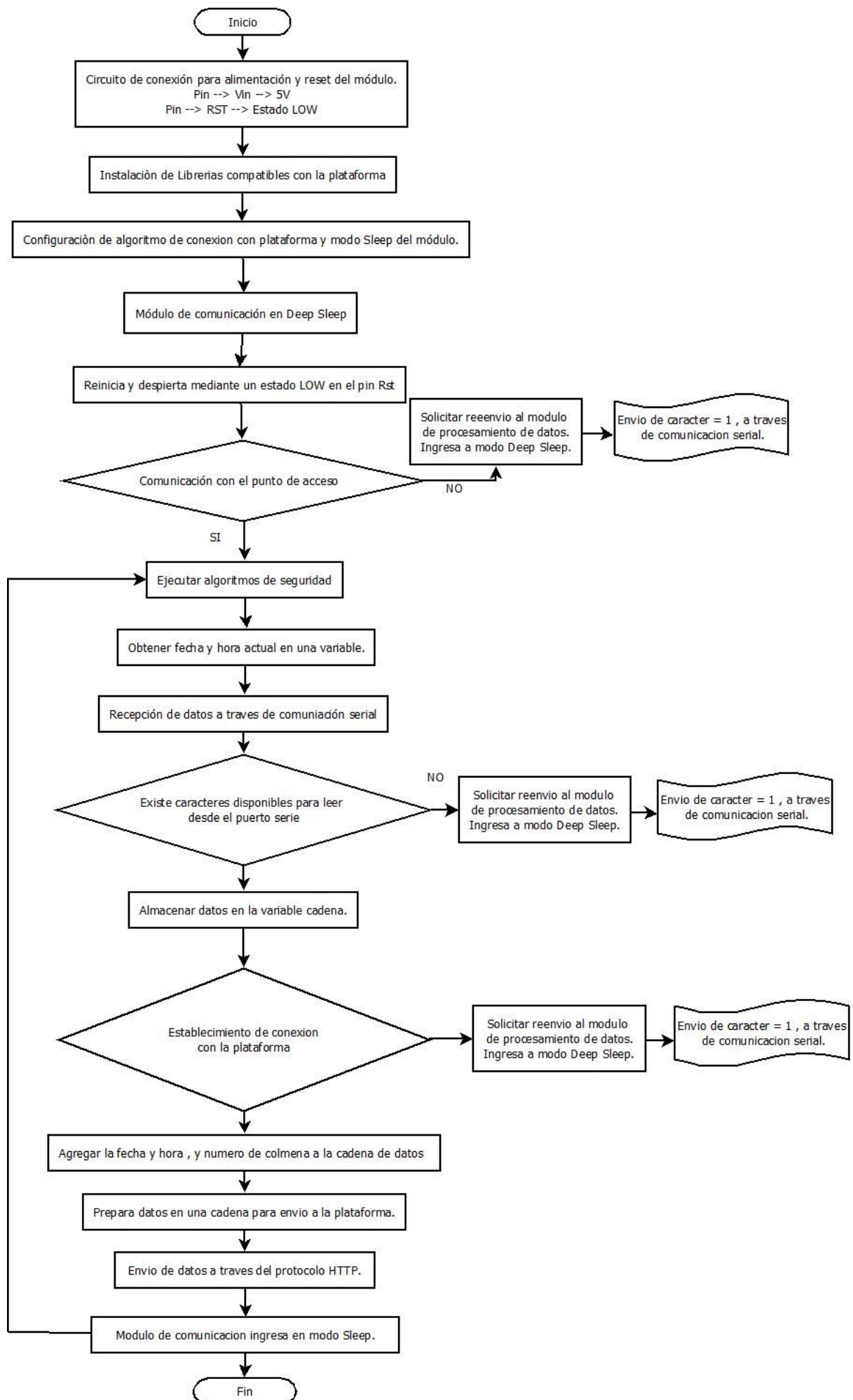
### **3.6.3. Módulo de Comunicación**

EL módulo de comunicación permite que los datos procesados en el módulo anterior puedan ser enviados de forma inalámbrica hacia el módulo de tratamiento de la información a través de una tecnología de comunicación (HTTP), el módulo de comunicación debe ser compatible con los protocolos de seguridad requeridos por la plataforma en la nube, para que se establezca la conexión el módulo permitirá realizar el almacenamiento y tratamiento de la información en la nube. En la Figura 50 se muestra el flujo general del módulo

#### **3.6.3.1. Flujograma**

**Figura 50**

*Diagrama general del flujo del módulo de comunicación del sistema Strong-Bee*








*Nota.* Flujograma del módulo encargado de reenviar los datos recibidos a la plataforma de Azure Microsoft para el tratamiento y almacenamiento de los datos tomados por los sensores.

### 3.6.3.2. Selección de Hardware

En la Tabla 19 se realiza una comparación entre los módulos para elegir el adecuado para el sistema de comunicación con el cloud.

**Tabla 19**

*Selección del módulo adecuado para envío de datos a la nube.*

| Características generales y técnicas   | Módulo GSM<br>SIM800L  | WeMos D1 mini   | Módulo A6 Ga6-b  |
|--|--|---|--|
| Ilustración                            |  |  |  |
| Voltaje de operación (V)               | 3.4 – 4.4  | 4.3 - 6   | 3.7 – 5  |
| Nivel lógico (V)                       | 3 – 5  | 3.3   | 5  |
| Consumo corriente (mA)                 | 500  | 72  | 1000   |
| Consumo corriente reposo (mA)          | 7  | 0.2   | 0.9  |
| Interfaz                               | UART   | UART  | UART   |
| Velocidad de comunicación serial (bps) | 1200 – 115200  | 9600 – 115200   | 200 – 115200   |
| Quad-band (MHz)                        | 850/900/1800/1900  | No tiene  | 850/900/1800/1900  |

|   |                   |                             |              |
|---|-------------------|-----------------------------|--------------|
| Velocidad de transmisión<br>downlink/ uplink (kbps) | 85.6 / 85.6       | 11.000<br>54.000<br>450.000 | 85.6 / 42.8  |
| Tecnología comunicación<br>Inalámbrica              | GPRS GSM          | 802.11 b/g/n                | GPRS GSM     |
| Modo de modo ahorro energía                         | Si                | Si                          | Si           |
| Soporte y Documentación                             | Obsoleto          | Suficiente                  | Insuficiente |
| Dimensiones (mm)                                    | 15.8 * 17.8 * 2.4 | 39 *31                      | 33 * 26 * 7  |
| Precio (\$)   | 11                | 8                           | 35           |

### 3.6.3.3. *Criterio de Elección*

Mediante la tabla comparativa de los diferentes módulos de comunicación inalámbrica se seleccionó el Wemos D1 mini. El módulo fue seleccionado por el reducido consumo de corriente en modo sleep, debido a que el sistema permanecerá la mayoría de tiempo en estado de reposo y es importante salvaguardar la energía en las baterías, cuenta con un pin RST para despertarlo del modo sleep, asimismo el modulo es compatible con la comunicación serial a través del protocolo UART. El tamaño del módulo no es el más pequeño de entre todos los que se cotejan, pero sus puntos altos como bajo consumo en modo sleep, precio, suficiente documentación y soporte del módulo, fueron las causas decisivas que permitió la elección del módulo WeMos D1 mini. La ficha detalla del módulo WeMos D1 mini se encuentra en el Anexo N.



Voltaje de alimentación = 3.3 V ( $V_{fuente}$ )

Amperaje = 12 mA

$$V = I * R \quad (2)$$

$$R = V/I$$

$$R = \frac{V_{resistor} - V_{led}}{20} mA$$

$$R = (3.3V - 1.8V)/12 mA$$

$$R = \frac{1.5V}{12 mA}$$

$$R = 125 \text{ ohms}(\Omega)$$

Valores comerciales más cercana es 120  $\Omega$

#### 3.6.3.4.2. *Librerías del Módulo de Comunicación*

La Figura 52, se muestra la lista de librerías utilizadas en el módulo de comunicación, las librerías permiten brindar las instrucciones necesarias para el correcto funcionamiento del módulo.

### Figura 52

#### *Librerías utilizadas*

```
// Permite conectarse a la red
#include <ESP8266WiFi.h>
// Acceda al servidor web usando HTTPS.
#include <WiFiClientSecure.h>
// Biblioteca que contiene conjunto de funciones para manipular cadenas:
#include <String.h>
// Algoritmo de hash seguro de 256 bits" y se utiliza para la seguridad criptográfica
#include "sha256.h"
// esquemas de codificación de binario a texto que representa los datos
//binarios mediante una cadena ASCII
#include "Base64.h"
```

*Nota.* Librerías necesarias para la establecer comunicación del módulo de comunicación con la plataforma de Azure Microsoft, con la finalidad de tratar la información tomada por el módulo de toma de datos.

#### **3.6.3.4.3. Configuración de Azure Event Hubs**

En la Figura 53 muestra credenciales necesarias que se obtienen cuando en la plataforma de Azure Microsoft se crear una cuenta y recursos, es necesario ingresar los requerimientos solicitados que permitan la comunicación del módulo de comunicación con el módulo de tratamiento de la información.

#### **Figura 53**

Configuraciones para establecer conexión con la plataforma de Microsoft Azure

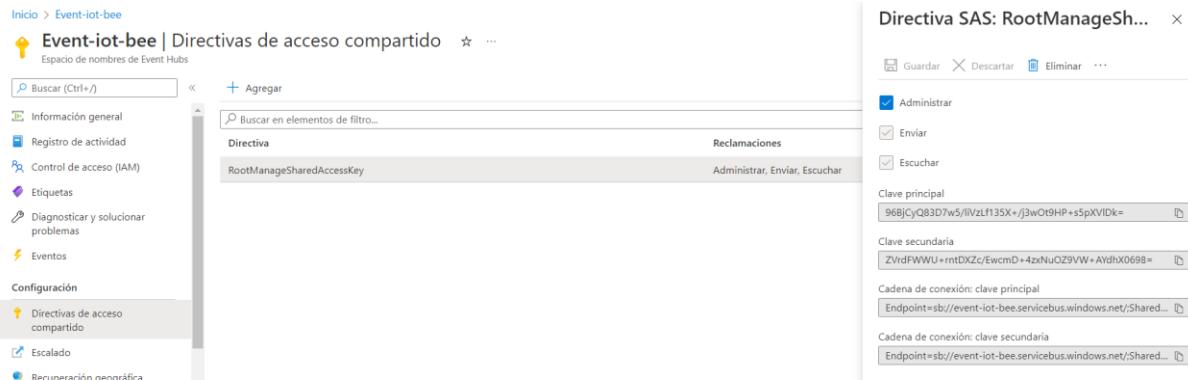
```
// START: Azure Evet Hub Configuraciones
const char* KEY = "3zMh7E74oQ2vxEHxMZLwrkVFR3Tjux8QeCb09iXgc+o=";
const char* KEY_NAME = "RootManageSharedAccessKey";
const char* HOST = "event-iot-bee.servicebus.windows.net";
const char* END_POINT = "/event-iot-bee/messages";
// END: Azure Evet Hub Configuraciones
```

*Nota.* Credenciales importantes necesarias para el módulo de comunicación logre establecer comunicación con el recurso Event Hubs de la plataforma de Azure Microsoft.

La información necesaria para configurar y establecimiento de la conexión entre el módulo de comunicación y el recurso de Azure Event Hub es necesario obtenerla de la plataforma. Como se muestra en la Figura 54, se debe ingresar al evento, en directivas de acceso compartido y se agrega una directiva y el cual genera automáticamente una clave.

#### **Figura 54**

*Credenciales para configurar el módulo de comunicación*



*Nota.* Las credenciales se encuentran en directivas de acceso compartido en el recurso de Event Hubs de la plataforma.

#### 3.6.3.4.4. *Envío de Datos a la Nube*

En la Figura 55, se muestra la cadena de información que se utiliza para el envío de datos al recurso de Event Hubs de la plataforma.

#### Figura 55

*Envío de cadena de datos a la plataforma en la nube.*

```
request = String("POST ") + END_POINT + " HTTP/1.1\r\n" +
    "Host: " + HOST + "\r\n" +
    "Authorization: SharedAccessSignature " + fullSas + "\r\n" +
    "Content-Type: application/atom+xml;type=entry;charset=utf-8\r\n" +
    "Content-Length: " + cadena.length() + "\r\n\r\n" +
    cadena; // envío de datos al sistema
```

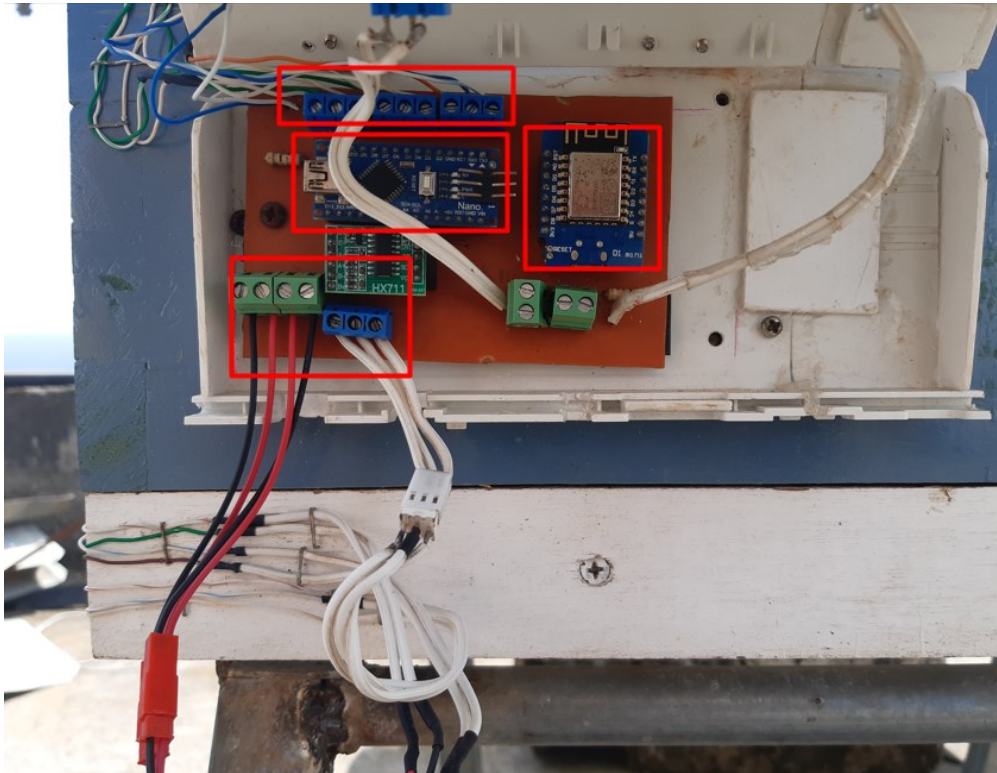
*Nota.* Estructura para establecer comunicación con el recurso de Event Hubs creado en la plataforma de Azure Microsoft.

#### 3.6.3.4.5. *Iteración 3*

En la Figura 36, el diagrama de conexión muestra cómo se encuentra conectado el módulo de procesamiento de datos con el módulo de comunicación, a través de los pines **Tx** y **Rx** para envío de los datos, y de **Rx** y **Tx** para la solicitud de reenvío de datos. En la Figura 56 se puede apreciar el módulo de procesamiento de datos y el módulo de comunicación. Con esto se puede verificar la integración del módulo 3 a los módulos anteriores

**Figura 56**

*Integración de módulo 3 a los módulos 1 y 2.*



*Nota.* Integración del modulo 3 a los modulos 1 y 3, para el funcionamiento del sistema Strong-Bee.

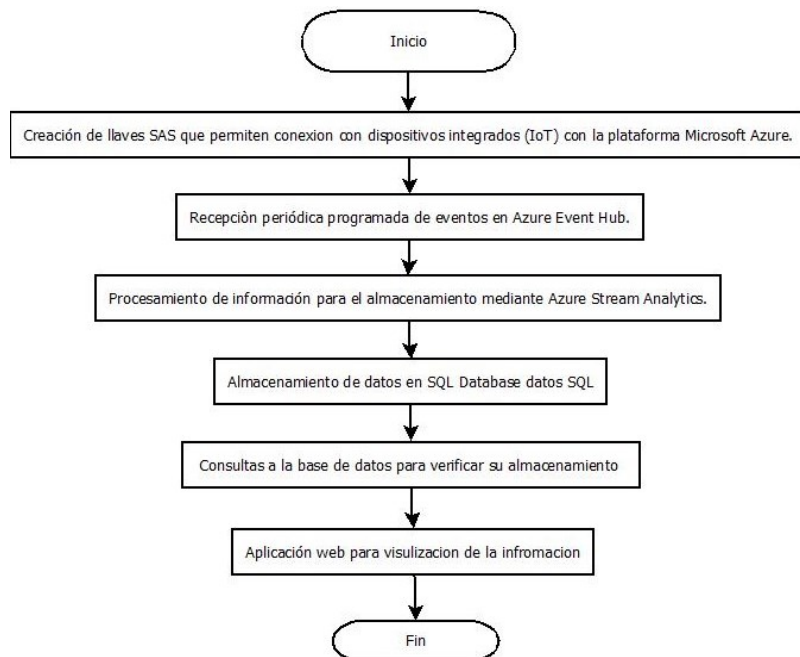
#### ***3.6.4. Módulo de Tratamiento y Presentación***

El módulo de tratamiento y presentación efectuara el almacenamiento y tratamiento de la información, para luego ser mostrada al apicultor mediante el uso de una aplicación que el apicultor logre visualizar de forma comprensible y detallada la mediante graficas los datos de una colmena. En la Figura 57 se muestra el flujo del módulo de tratamiento de la información y en la Figura 58 se muestra el flujo de visualización de la información.

### 3.6.4.1. Flujograma

**Figura 57**

*Diagrama general del flujo del modulo de tratamiento de la informacion del sistema Strong-Bee*

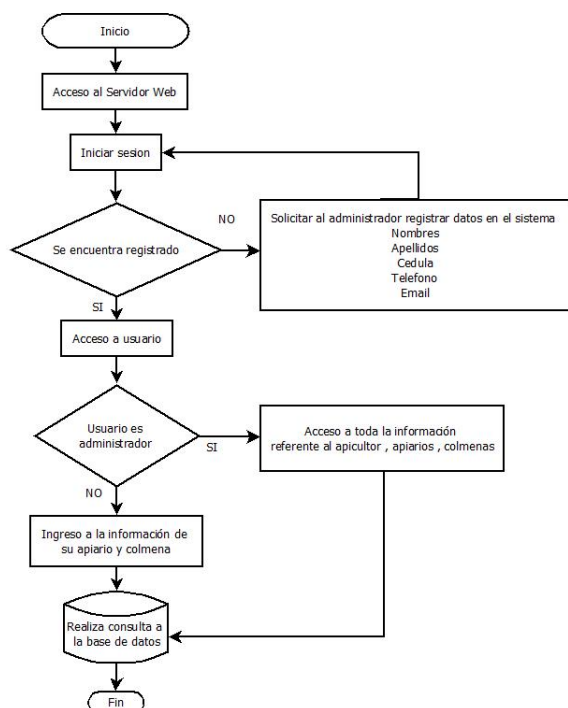


*Nota.* Flujograma del módulo para el tratamiento de la información a través de recursos creados en la plataforma de Azure.

**Figura 58**

*Diagrama general del flujo de presentación de la información del sistema Strong-Bee.*








*Nota.* Flujograma de los procesos del apicultor debe realizar para obtener la información de la colmena al ingresar en la página Web.

### 3.6.4.2. Selección de Software

En la Tabla 20 se realiza la comparación de diferentes plataformas en la nube y elegir la plataforma adecuada para el desarrollo de nuestro sistema.

**Tabla 20**

*selección de la plataforma adecuada para el desarrollo del sistema.*

| Características | Amazon Web Service  | Microsoft Azure   | Google Cloud  |
|-----------------|---|---|---|
| Ilustración     |    |  |  |
| Ventajas        | AWS IoT Core presenta varios protocolos de comunicación incluidos MQTT, HTTPS, MQTT a | Azure IoT Hub permite conectarse a dispositivos con los protocolos de               | A mayor velocidad ofrece mayor cantidad de tratamiento de información en menor tiempo |

---

|  |   |   |
|--|---|---|
| través de WSS y LoRaWAN.   | comunicación como MQTT, AMQP, HTTPS   |   |
| Soporte para grandes organizaciones.   | Conserva la misma dirección IP durante todo el tiempo.                                  | Compromiso con el código abierto y la portabilidad.                               |
| Entrenamiento extensivo y Dominio en el mercado.   | Niveles de soluciones IoT Hub básico o estándar, evaluando sus necesidades.             | Grandes descuentos y contratos flexibles.   |
| Compatibilidad con protocolos MQTT, HTTPS y admiten IPv4 e IPv6                                  | IoT Hub ofrece a los usuario un nivel sin costo para realizar pruebas y evaluaciones.   | Google Cloud Plataform (GCP) es compatible con TLS 1.0 TLS1.1 y TLS1.2            |
| Es líder en ofertas en bases de datos como servicio.   | Integración con herramientas y software de Microsoft                                    | Compatible con MySQL, PostgreSQL y SQL Server.                                    |
| Escalabilidad y múltiples formas de unificar y configurar servicios.                             | Kit desarrollo de software compatible con componente integrados IoT.                    | Posee un grupo de base de datos como servicio para ofrecer a empresas o negocios. |
| Es posible almacenar de 10 GB a 64 TB e incluso puede almacenar dato en cantidades de petabytes. | Niveles de rendimiento o flujo de tráfico dependiendo de la solución IoT a implementar. | Lidera en la velocidad que ofrece a sus clientes.                                 |
| Base de datos como servicio son MySQL, PostgreSQL, SQL Server, Oracle, Maria DB.                 | Base de datos como servicio son MySQL, PostgreSQL, Maria DB.                            | Herramienta de tratamiento de información por lotes en tiempo real.               |
|  | Soporte para código abierto.  |   |

---

---

|             |  |  |  |
|-------------|--|--|--|
| Desventajas | Difícil de usar y no es recomendable para principiantes.             | HTTPS únicamente cada 25 minutos puede sondear mensajes de la nube al dispositivo. | Una vez terminado el periodo de prueba, todos los servicios tienen un costo. |
|             | Nivel de seguridad alto. Solo permite protocolos de seguridad TLS1.2 | En un tiempo solo permitirá protocolo de seguridad TLS1.2                          | Menos características y servicios.   |
|             | Opciones abrumadoras.  |  | Históricamente no como empresa centrada.                                     |
|             | Difícil planificación presupuestaria y de coste.                     |  |  |

---

### **3.6.4.3. Criterio de Elección**

De acuerdo a la tabla comparativa entre las diferentes plataformas disponibles para el tratamiento y visualización de los datos se decidió elegir la plataforma Microsoft Azure. La cual ofrece un crédito gratuito para realizar prácticas de todos los servicios durante un mes, además posterior a dicho periodo, la plataforma permite la utilización de algunos servicios gratuitos durante 12 meses. Además, la plataforma está enfocada al desarrollo de pequeñas y grandes empresas de manera segura, económica y sencilla, no es necesario tener experiencia en su gestión. Y sobre todo cuenta un Kit de desarrollo de software que permite la comunicación de dispositivos integrados con Azure IoT Hub en cual es un canal que permite la recepción o transmisión de datos para su tratamiento.

#### **3.6.4.4. *Diseño del Módulo***

Para el desarrollo del módulo se utilizó los recursos la plataforma Microsoft Azure, la plataforma contiene una gran variedad de servicios en la nube, Microsoft Azure ofrece una variedad de recursos para utilizar, unos son pagados, otros tienen un año de gratuidad y otros son gratuitos siempre. Se utilizó 4 servicios específicos en para el desarrollo de este módulo.

Los recursos utilizados para el módulo son: Azure Event Hub es un servicio de la plataforma de Azure dedicada al streaming de datos, para la recepción de eventos, los cuales son capturados por un corto periodo en tiempo y posteriormente transmitidos para su tratamiento, todo este proceso se lleva a cabo en tiempo real, el recurso no tiene la capacidad de funcionar como base de datos o almacén de información. Azure Stream Analytics es un recurso de la plataforma que tiene como función tratar los grandes flujos de información con bajas latencias en tiempo real, de fuentes como sensores, además de ser compatible con Azure SQL Database. Azure SQL Database es un servicio que proporciona una base de datos relacional el cual es una base de datos de alto rendimiento y disponibilidad, compatible con base de datos SQL para una gran variedad de aplicaciones en la nube, El motor de base de datos Microsoft SQL server se utiliza como centro para SQL. Azure App Service el cual es un recurso que nos permite alojar páginas web gratuitas, además de diseñar aplicaciones WEB, móviles y API RESTful. Permite el desarrollo de sitios web pequeños o aplicaciones web a escala global.

##### **3.6.4.4.1. *Servicios para el Tratamiento de la Información.***

Los siguientes servicios de la plataforma de Microsoft Azure son utilizados para el tratamiento de la información.

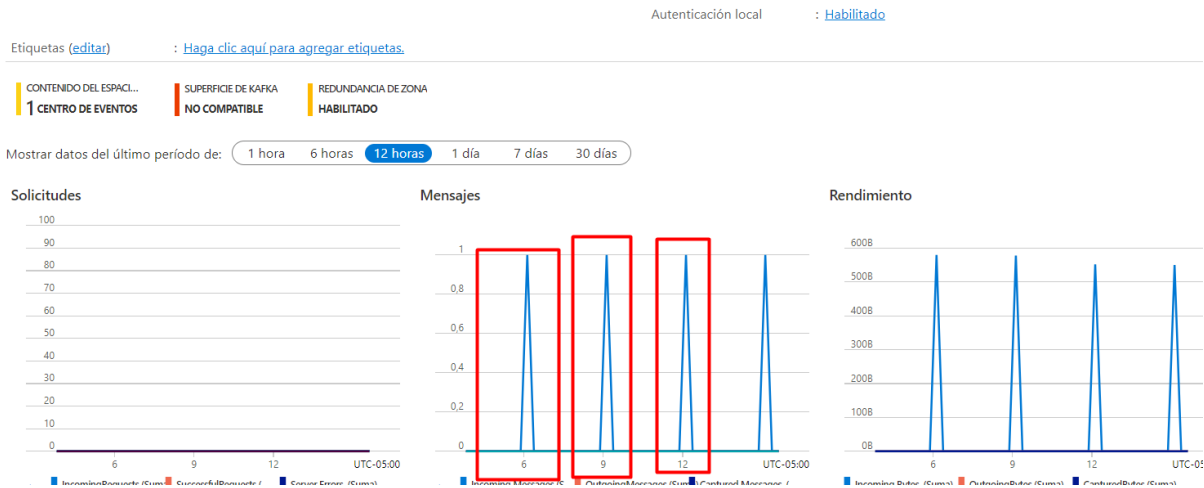
- **Azure Event Hub**

En esta sección se muestra la interfaz gráfica del recurso de Azure Event Hub, el cual se presenta la creación y configuración en el Anexo F. Dentro del recurso Azure Event Hub se creó un nuevo recurso, el cual recibirá los eventos enviados desde el módulo de comunicación. En la Figura 59, permite observar de manera gráfica el volumen solicitudes, mensajes y rendimiento del evento configurado.

- Incoming Request hace referencia al número de eventos que recibe Event Hub en un periodo especificado por el módulo de comunicación.
- Successful request indica las solicitudes de eventos que fueron exitosos
- Incoming Messages hace referencia al número de mensajes que recibe Event Hub en un periodo especificado por el módulo de comunicación.
- Outgoing Messges muestra el número de mensajes que recupera el recurso Azure Stream Analytics para su tratamiento.
- Incoming Bytes es el número de bytes que el módulo de comunicación envía al servicio Azure Event Hub en un período especificado por el módulo de comunicación.
- Outgoing Bytes hace referencia al número de bytes que el Stream Analytics receipta del servicio Azure Event Hub en un tiempo especificado por el módulo de comunicación.

**Figura 59**

*Recepción visual Eventos transmitidos desde el módulo de comunicación.*



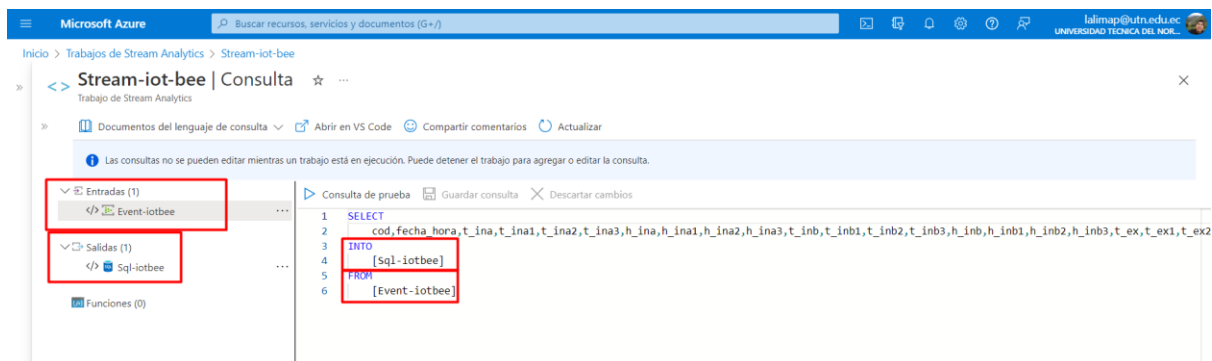
*Nota.* Recepción de eventos o mensajes al recurso Event Hubs y salida de mensajes al recurso Stream Analytics para continuar con el tratamiento de la información.

- **Azure Stream Analytics**

En esta sección se muestra la interfaz gráfica del recurso Azure Stream Analytics, la creación y configuración del recurso se puede apreciar en el Anexo F. En la Figura 60, muestra un “SELECT” dicho comando permite seleccionar los datos recibidos desde el recurso Azure Event Hub, mediante el filtrado de sus atributos, y son reenviado hacia el recurso SQL Database, el cual permitirá el almacenamiento de los datos de la colmena enviados desde el módulo de toma de datos.

**Figura 60**

*Recepción de datos desde Event Hub y reenvió hacia SQL Database.*

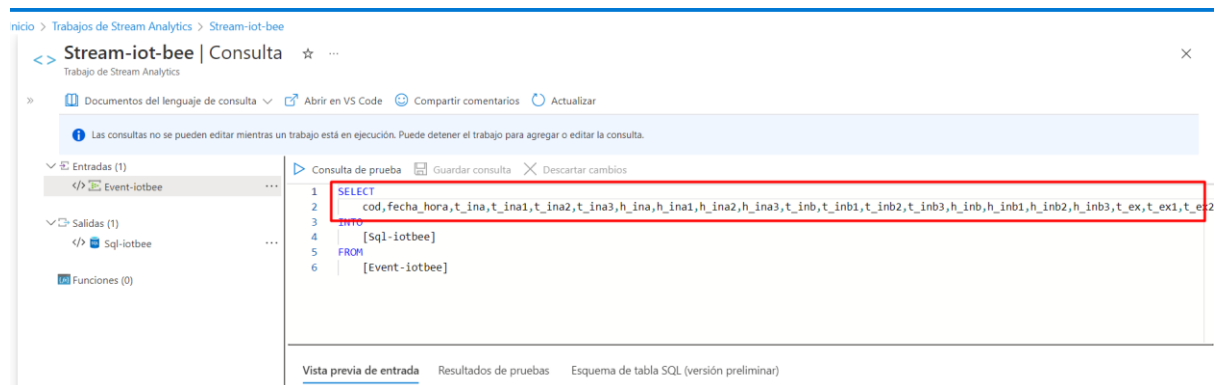


*Nota.* El recurso Stream Analytics se encarga de procesar los eventos del recurso anterior y reenviar al recurso SQL Database para el almacenamiento de la información.

En la Figura 61, se muestra el filtrado de los datos recibidos desde el módulo de toma de datos, que se almacenaran en la base de datos **BDbeeiote** en la tabla **Dato**.

**Figura 61**

*Verificación de filtrado de datos.*



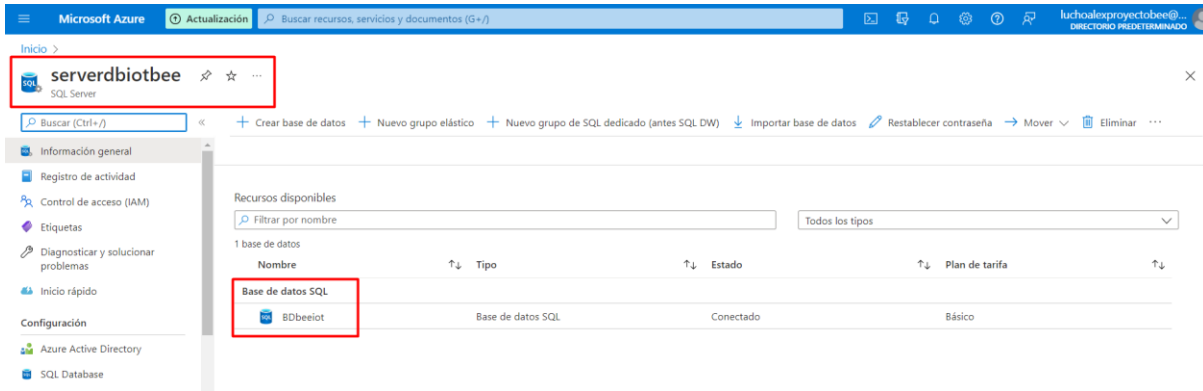
*Nota.* Atributos seleccionados para el almacenamiento de la información en la base de datos en el recurso de Azure Microsoft.

- **Azure SQL Database**

En esta sección se muestra la interfaz gráfica del recurso Azure Sql Database, en el Anexo F, se muestra su configuración. Dentro del SQL Server se encuentra la base de datos, en la Figura 62 muestra la base de datos donde se almacena toda la información referente al Apicultor, Apiario, Colmenas y Datos de la misma.

**Figura 62**

*Base de datos BDbeeiote dentro de SQL Server.*



*Nota.* Nombre de la base de datos para el almacenamiento de los datos tomados por el módulo de toma de datos.

La Figura 63 se puede apreciar mediante la gráfica el uso progresivo de los procesos de SQL Database, además de observar el espacio utilizado en la base de datos y el tamaño de almacenamiento configurado en el Anexo F.

**Figura 63**

*Base de datos dentro del recurso de SQL Database.*



*Nota.* Uso de procesos del recurso SQL Database de Azure.

### 3.6.4.4.2. Estructura de Base de Datos

La base de datos fue diseñada en Microsoft SQL Server Management Studio. El cual presenta la opción de diseñar la Base de Datos manera gráfica y también es compatible con

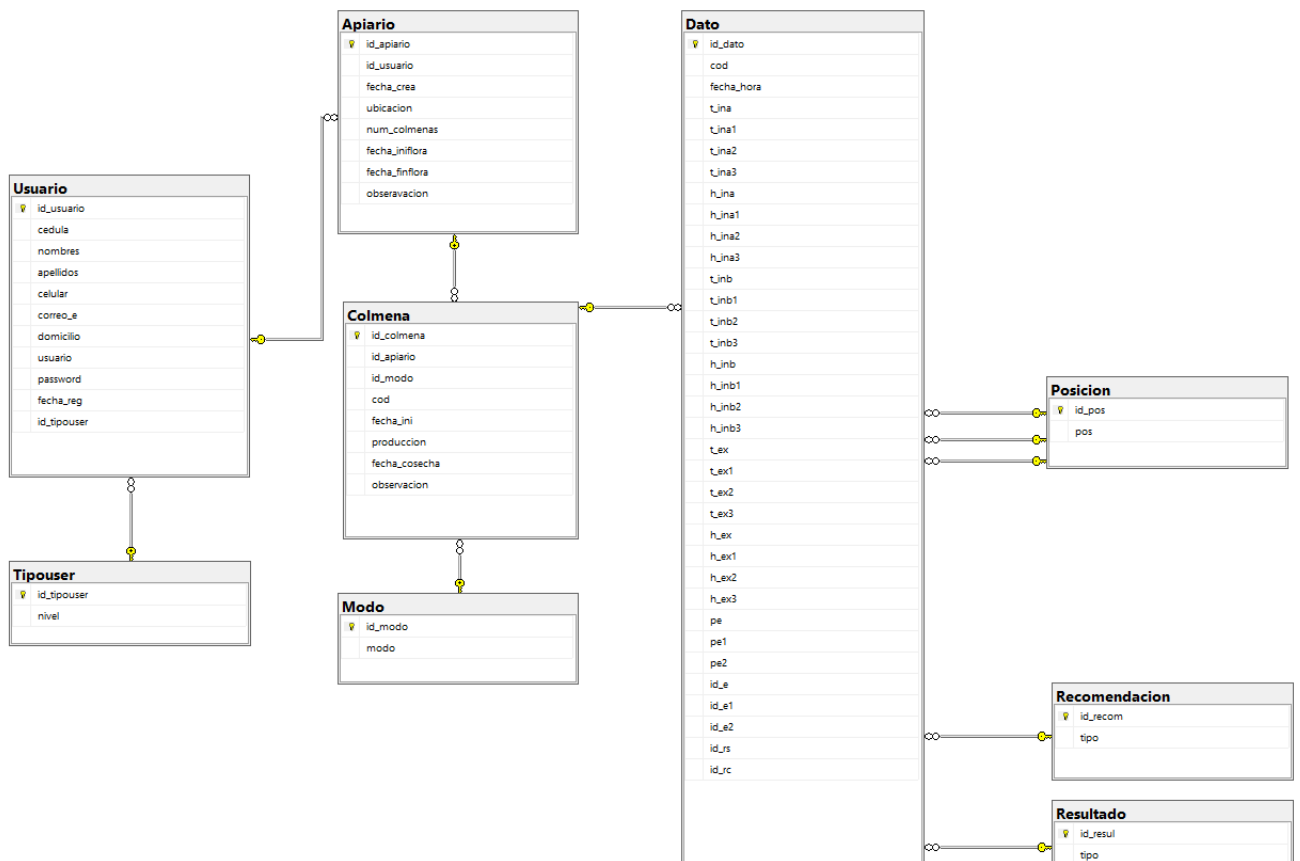


Azure SQL Database, lo cual permite una vez diseñada la base de datos en Microsoft SQL Server Management Studio es posible copiar la base de datos directamente en la nube para su ejecución este procedimiento se detallará en el Anexo G.

En la Figura 64, se muestra como está estructurada la base de datos, cada tabla con su respectiva tabla y atributos. La base de datos cuenta con 9 tablas, las cuales se irán detallando a continuación.

**Figura 64**

*Diseño de base de datos relacional*

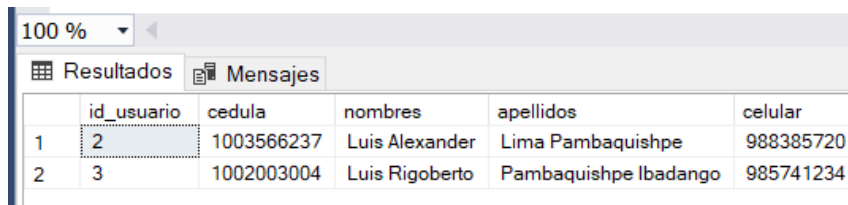


Nota. Base de datos del sistema Strong-Bee, diseñada en el Software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

La Figura 65 muestra la tabla “Usuario”, la cual permite almacenar a los datos relevantes tanto del apicultor y del administrador, el cual también presenta credenciales que permitan acceder a la aplicación WEB dependiendo del tipo de usuario.

**Figura 65**

*Atributos de la tabla Usuario*



|   | id_usuario | cedula     | nombres        | apellidos             | celular   |
|---|------------|------------|----------------|-----------------------|-----------|
| 1 | 2          | 1003566237 | Luis Alexander | Lima Pambaquishpe     | 988385720 |
| 2 | 3          | 1002003004 | Luis Rigoberto | Pambaquishpe Ibadango | 985741234 |

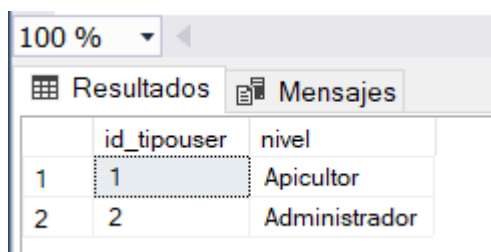
| correo_e                | domicilio | usuario | password | fecha_reg  | id_tipouser |
|-------------------------|-----------|---------|----------|------------|-------------|
| luchoalex1212@gmail.com | Milagro   | alex    | 123..    | 2022-06-17 | 2           |
| Apicultor@gmail.com     | Ibarra    | abeja   | abeja    | 2022-06-20 | 1           |

*Nota.* Datos almacenados del apicultor y administrador del sistema, en la tabla Usuario dentro de la base de datos visualizado mediante el software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

La Figura 66 muestra la tabla “Tipouser”, la cual permite almacenar el tipo de usuario que se registrara en el sistema, ya sea este tipo Apicultor o tipo administrador.

**Figura 66**

*Atributos de la tabla Tipouser.*



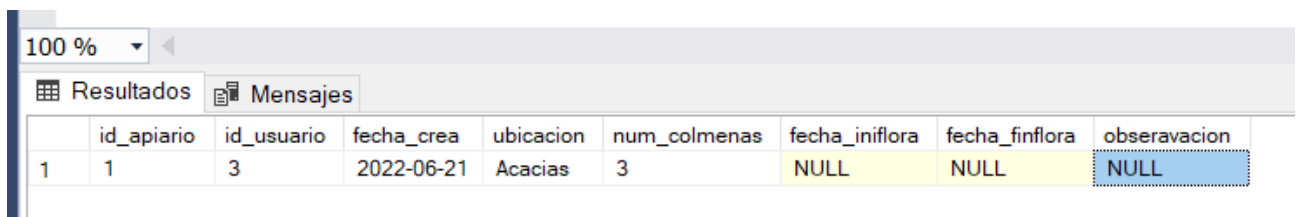
|   | id_tipouser | nivel         |
|---|-------------|---------------|
| 1 | 1           | Apicultor     |
| 2 | 2           | Administrador |

*Nota.* Datos almacenados, en la tabla Tipo de usuario, dentro de la base de datos visualizado mediante el software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

La Figura 67 muestra la tabla “Apiario”, permite almacenar los datos de los apiarios que el apicultor tenga a su poder, esto debido que el apicultor posee varios apiarios en algunos lugares, por lo que es importante conocer la fecha de creación, la ubicación del apiario y el número de colmenas en el mismo, fecha de inicio de la floración y fecha fin de la floración.

### Figura 67

*Atributos de la tabla Apiario.*



The screenshot shows a query results window in Microsoft SQL Server Management Studio. The window title is '100 %'. It has two tabs: 'Resultados' (Results) and 'Mensajes' (Messages). The 'Resultados' tab is active, displaying a table with the following data:

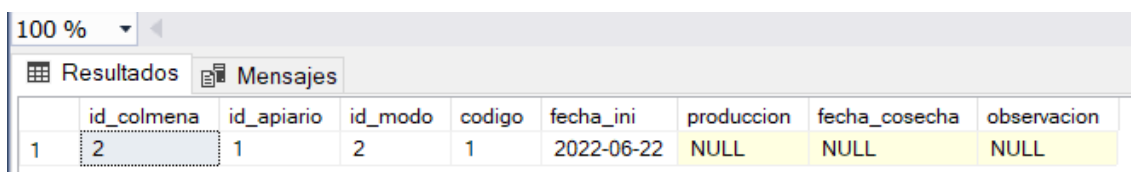
|   | id_apiario | id_usuario | fecha_crea | ubicacion | num_colmenas | fecha_iniflora | fecha_finflora | obseravacion |
|---|------------|------------|------------|-----------|--------------|----------------|----------------|--------------|
| 1 | 1          | 3          | 2022-06-21 | Acacias   | 3            | NULL           | NULL           | NULL         |

*Nota.* Datos almacenados del Apiario, en la tabla Apiario dentro de la base de datos visualizado mediante el software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

La Figura 68 muestra la tabla “Colmena”, la cual permite almacenar los datos de las colmenas pertenecientes a un específico apiario del apicultor, existe campos importantes como id\_apiario que relaciona a la colmena con un apiario creado anteriormente, un id modo que permite conocer si se encuentra activa o inactivo el sistema en la colmena, un código que permita identificar la colmena, fecha de inicio del sistema y fecha de cosecha, producción de la misma.

### Figura 68

*Atributos de la tabla Colmena.*



The screenshot shows a query results window in Microsoft SQL Server Management Studio. The window title is '100 %'. It has two tabs: 'Resultados' (Results) and 'Mensajes' (Messages). The 'Resultados' tab is active, displaying a table with the following data:

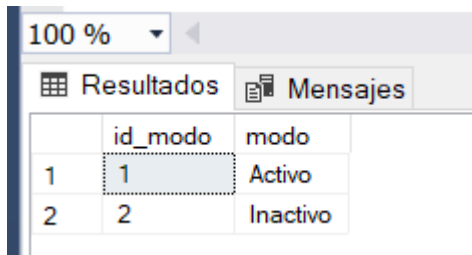
|   | id_colmena | id_apiario | id_modos | codigo | fecha_ini  | produccion | fecha_cosecha | observacion |
|---|------------|------------|----------|--------|------------|------------|---------------|-------------|
| 1 | 2          | 1          | 2        | 1      | 2022-06-22 | NULL       | NULL          | NULL        |

*Nota.* Datos almacenados de la colmena, en la tabla Colmena dentro de la base de datos visualizado mediante el software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

La Figura 69 muestra la tabla “Modo”, la cual muestra los dos posibles estado de una colmena dentro de un apiario.

### Figura 69

*Atributos de la tabla Modo.*



|   | id_modo | modo     |
|---|---------|----------|
| 1 | 1       | Activo   |
| 2 | 2       | Inactivo |

*Nota.* Datos almacenados acerca del modo de la colmena, en la tabla Colmena dentro de la base de datos visualizado mediante el software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

En la base de datos, la tabla **Dato** consta de diferentes secciones que brindan diferentes tipo de información importante para el apicultor y el funcionamiento del sistema, a continuación se explica todos los atributos que contiene tabla **Dato**: La Figura 70, presenta los datos tomados de temperatura y humedad de los dos sensores internos y un sensor externo de cada ciclos de la rutina 1, el color amarillo hace referencia al sensor interno 1 y el color naranja al sensor interno 2, mientras que el color verde al sensor externo. Cada columna de un sensor específico representa un ciclo de la toma de datos de la primera rutina, por lo cual existen 3 columnas para la temperatura y 3 columnas para la humedad, esto sucede con cada uno de los sensores de temperatura y humedad, al completarse las 3 tomas de datos dentro de 3 horas.

## Figura 70

*Captura de datos tomados en la rutina 1.*

| Temp_intA 1 | Temp_intA 2 | Temp_intA 3 | Temp_intB 1 | Temp_intB 2 | Temp_intB 3 | Temp_ext 1 | Temp_ext 2 | Temp_ext 3 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| t_ina1      | t_ina2      | t_ina3      | t_inb1      | t_inb2      | t_inb3      | t_ex1      | t_ex2      | t_ex3      |
| 12          | 9           | 7           | 12          | 9           | 7           | 12         | 9          | 7          |
| 7           | 6           | 6           | 6           | 6           | 6           | 7          | 7          | 6          |
| 6           | 9           | 13          | 6           | 9           | 15          | 7          | 14         | 17         |
| 18          | 21          | 22          | 21          | 23          | 23          | 21         | 23         | 23         |
| 21          | 20          | 20          | 21          | 20          | 20          | 20         | 19         | 19         |

| Hum_intA 1 | Hum_intA 2 | Hum_intA 3 | Hum_intB 1 | Hum_intB 2 | Hum_intB 3 | Hum_ext 1 | Hum_ext 2 | Hum_ext 3 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| h_ina1     | h_ina2     | h_ina3     | h_inb1     | h_inb2     | h_inb3     | h_ex1     | h_ex2     | h_ex3     |
| 71         | 69         | 70         | 73         | 72         | 73         | 76        | 91        | 95        |
| 69         | 69         | 69         | 73         | 74         | 75         | 97        | 99        | 99        |
| 69         | 73         | 79         | 74         | 74         | 75         | 99        | 66        | 51        |
| 82         | 80         | 58         | 71         | 73         | 60         | 43        | 39        | 30        |
| 53         | 54         | 52         | 57         | 60         | 59         | 34        | 37        | 38        |

*Nota.* Datos almacenados de toda la primera rutina, en la tabla Dato, dentro de la base de datos. Los datos de temperatura y humedad de cada uno de los sensores se encuentran de diferente color

En la Figura 71, se observa el atributo id\_dato que permite conocer el número de filas que contiene la tabla, el número que permite identificar la colmena, fecha y hora de los datos subidos a la base de datos en la plataforma y el resultado del cálculo de los promedios obtenidos de la toma de datos de los 3 ciclos la primera rutina de temperatura y humedad interna y externa de la colmena.

## Figura 71

*Captura de datos obtenidos de la rutina 2.*

|         | Código | fecha_hora       | Promedio Temp_intA | Promedio Temp_intB |
|---------|--------|------------------|--------------------|--------------------|
| id_dato | cod    | fecha_hora       | t_ina              | t_inb              |
| 4       | 1      | 2022-08-11 03:00 | 9                  | 9                  |
| 5       | 1      | 2022-08-11 06:00 | 6                  | 6                  |
| 6       | 1      | 2022-08-11 09:00 | 9                  | 10                 |
| 7       | 1      | 2022-08-11 12:00 | 20                 | 22                 |
| 8       | 1      | 2022-08-11 15:00 | 20                 | 20                 |

| Promedio Temp ext | Promedio Hum intA | Promedio Hum intB | Promedio Hum ext |
|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| t_ex              | h_ina             | h_inb             | h_ex             |
| 9                 | 70                | 72                | 87               |
| 6                 | 69                | 74                | 98               |
| 12                | 73                | 74                | 72               |
| 22                | 73                | 68                | 37               |
| 19                | 53                | 58                | 36               |

Nota. Datos generados al finalizar la rutina 2.

La Figura 72 representa los valores tomados en cada ciclo en la primera rutina, se muestra el peso de la colmena en libras, posición actual del mecanismo de ventilación, sobre el mecanismo de ventilación, además la columna de resultado explica cómo se encuentra el habitad al interior de la colmena y en vista a este resultado se ofrece una recomendación al apicultor sobre el estado de la misma. Los datos obtenidos son utilizados para determinar el ambiente en un periodo de tiempo y permita al apicultor intervenir si la colmena se encuentra en un ambiente crítico.

### Figura 72

*Captura de datos relevantes para el apicultor y funcionamiento del sistema.*

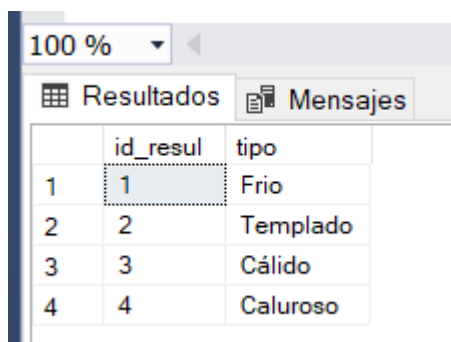
| Peso_1 | Peso_2 | Peso_3 | Posicion_1 | Posicion_2 | Posicion_3 | Resultado | Recomendación |
|--------|--------|--------|------------|------------|------------|-----------|---------------|
| pe     | pe1    | pe2    | id_e       | id_e1      | id_e2      | id_rs     | id_rc         |
| 0      | 0      | 0      | 1          | 1          | 1          | 1         | 3             |
| 0      | 0      | 0      | 1          | 1          | 1          | 1         | 3             |
| 0      | 0      | 0      | 1          | 1          | 1          | 3         | 2             |
| 0      | 0      | 0      | 2          | 1          | 2          | 4         | 1             |
| 0      | 0      | 0      | 1          | 1          | 1          | 4         | 1             |

Nota. Datos complementarios importantes para el apicultor, permite conocer el estado del ambiente dentro de la colmena y si existe riesgos

La Figura 73 muestra la tabla “Resultado”, la cual muestra los posibles estados del clima en la colmena y mediante un resultado específico se tendrá una recomendación específica para la intervención o no del apicultor

### Figura 73

*Atributos de la tabla Resultado.*



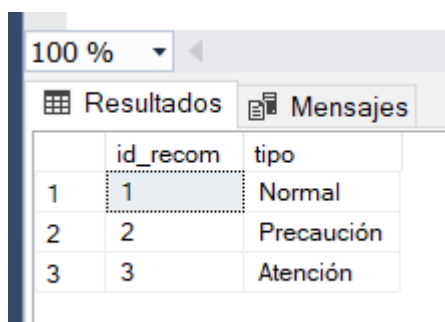
|   | id_resul | tipo     |
|---|----------|----------|
| 1 | 1        | Frio     |
| 2 | 2        | Templado |
| 3 | 3        | Cálido   |
| 4 | 4        | Caluroso |

*Nota.* Resultado del análisis acerca del estado del ambiente interno en la colmena, en la tabla Resultado dentro de la base de datos visualizado mediante el software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

La Figura 74 muestra la tabla “Recomendación”, la cual presenta los niveles de atención que la colmena requiere, dependiendo del resultado obtenido

#### **Figura 74**

*Atributos de la tabla Recomendaciones.*



|   | id_recom | tipo       |
|---|----------|------------|
| 1 | 1        | Normal     |
| 2 | 2        | Precaución |
| 3 | 3        | Atención   |

*Nota.* Recomendación al apicultor acerca del ambiente interno de la colmena, en la tabla Recomendación dentro de la base de datos visualizado mediante el software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

La Figura 75 muestra la tabla “Posición”, permite conocer la posición del mecanismo de ventilación al momento de la toma de datos.

#### **Figura 75**

*Atributos de la tabla Posición.*

|   | id_pos | pos          |
|---|--------|--------------|
| 1 | 1      | Cerrado      |
| 2 | 2      | Semi-abierto |
| 3 | 3      | Abierto      |

*Nota.* Estado de la posición del mecanismo de ventilación en la colmena, en la tabla Posición dentro de la base de datos visualizado mediante el software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

#### 3.6.4.4.3. *Presentación de la Información*

Para presentación de información se utiliza el servicio App Service de la plataforma de Microsoft Azure el cual permite aloja sitios Web en la nube.

Para ingresar a la página Web alojada en la nube, se debe ingresar al siguiente link.

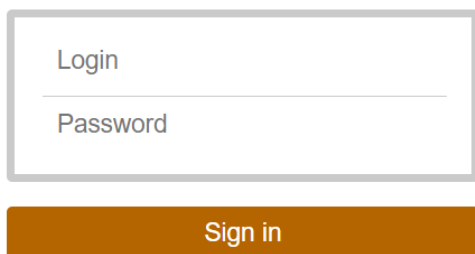
La Figura 76, muestra la plantilla principal al ingresar a la página Web alojada en la nube, para ingresar en el sistema se debe ingresar las credenciales que son creadas al momento de registrar a un usuario (apicultor). Al ingresar las credenciales de usuario y password almacenadas en el sistema, se despliega a la plantilla de Apicultor o Administrador, dependiendo del tipo de usuario.

#### **Figura 76**

*Login del sistema.*



## Ingrese Credenciales



A login form with two input fields: 'Login' and 'Password'. Below the fields is a blue button labeled 'Sign in'.

*Nota.* Login de la página Web del sistema Strong-Bee, para el apicultor y administrador.

Ingresado correctamente las credenciales de administrador, se despliega la plantilla de administrador, el perfil de administrador presenta privilegios superiores al del Apicultor. En la Figura 77 muestra el menú del administrador, el cual se detallará que acción realiza cada uno del ítem del menú.

### Figura 77

*Inicio de la plantilla del administrador.*



*Nota.* Página principal de la página Web de tipo administrador, ingresando las credenciales correspondientes a administrador.

El perfil administrador tiene privilegios de crear un Usuario (apicultor), editar, ver o eliminar la información del mismo, en la Figura 78 muestra dos perfiles creados y almacenados en la base de datos.

## Figura 78

### Lista general de perfiles Administrador.

STRONG-BEE Inicio Clientes Apiarios Colmenas Datos de colmena Salir

| Lista General de Clientes |                |                       |           |               | Agregar Nuevo Cliente   |
|---------------------------|----------------|-----------------------|-----------|---------------|---|
| Cedula                    | Nombres        | Apellidos             | Celular   | IdTipouser    | Acciones  |
| 1003566237                | Luis Alexander | Lima Pambaquishpe     | 988385720 | Administrador | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a> <a href="#">Ver</a> |
| 1002003004                | Luis Rigoberto | Pambaquishpe Ibadango | 985741234 | Apicultor     | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a> <a href="#">Ver</a> |

*Nota.* Lista general de usuarios del sistema Strong-Bee, plantilla del administrador

El administrador tiene la facultad de crear nuevos apiarios, los cuales se relacionan con el perfil del apicultor, en la lista de Apiarios pertenecientes al apicultor antes creado, se muestra una información resumida de los apiarios almacenados en la base de datos, el administrador puede editar eliminar y ver la información completa de los mismos. Como se observa en la Figura 79.

## Figura 79

### Lista general de Apiarios Administrador.

STRONG-BEE Inicio Clientes Apiarios Colmenas Datos de colmena Salir

| Lista General de Apiarios |                       |                    |           |             | Agregar Nuevo Apiario   |
|---------------------------|-----------------------|--------------------|-----------|-------------|---|
| Nombres                   | Apellidos             | FechaCrea          | Ubicacion | NumColmenas | Acciones  |
| Luis Rigoberto            | Pambaquishpe Ibadango | 21/06/2022 0:00:00 | Acacias   | 3           | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a> <a href="#">Ver</a> |

*Nota.* Lista general de apiarios del sistema Strong-Bee, plantilla del administrador

El ítem colmenas permite al administrador como se observar en la Figura 80, crear una nueva colmena, el cual se agrega o crea previamente, antes de colocar el sistema electrónico en la colmena modificada, adecuada para el correcto funcionamiento del sistema. El perfil de administrador crear una colmena con un código asignado, el cual, el código deberá ser ingresado en el sistema electrónico para el registro de los datos, los datos toman como referencia el código asignado.

## Figura 80

*Lista general de colmenas Administrador.*

STRONG-BEE Inicio Clientes Apiarios Colmenas Datos de colmena Salir

| Lista General de Colmenas |                    |          |        |            | Agregar Nueva Colmena   |
|---------------------------|--------------------|----------|--------|------------|---|
| Ubicacion                 | FechaCrea          | Modo1    | Codigo | Produccion | Acciones  |
| Acacias                   | 21/06/2022 0:00:00 | Inactivo | 1      |            | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a> <a href="#">Ver</a> |

*Nota.* Lista general de colmenas del sistema Strong-Bee, plantilla del administrador

En el ítem Datos de colmena, se muestra los datos tomados desde la colmena, se podrá observar una vista previa de todos los datos como se observa en la Figura 81, mostrando si necesita el estado es normal, precaución o atención.

## Figura 81

*Listada de datos de colmena Administrador.*

STRONG-BEE Inicio Clientes Apiarios Colmenas Datos de colmena Salir

| Lista General de Datos |  |
|------------------------|--|
| No existe registro     |  |

*Nota.* Lista general de datos del sistema Strong-Bee, plantilla del administrador

Al ingresar las credenciales correctas del usuario (apicultor), se despliega la plantilla de apicultor como se observa en la Figura 82, el cual se puede observar el inicio de la plantilla y sus ítems los cuales no cuentan con los mismos privilegios que el perfil administrador.

## Figura 82

*Plantilla del perfil Usuario (Apicultor).*

# Bienvenido al sistema

## Usuario

*Nota.* Página principal de la página Web de tipo administrador, ingresando las credenciales correspondientes a administrador.

En la lista de apiarios, el usuario podrá ver sus apiarios que fueron creados de acuerdo al nombre del apicultor, el usuario solo tiene la capacidad de modificar campos y ver los datos completos del apiario como se observa en la Figura 83, el apicultor no tiene la capacidad de crear o eliminar un apiario, esos atributos solo están a cargo del administrador

### Figura 83

*Lista de apiarios a cargo del Apicultor.*

STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir

| Lista de Apiarios |                       |                    |           |             |  |
|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------|-------------|--|
| Nombres           | Apellidos             | FechaCrea          | Ubicacion | NumColmenas | Acciones                                   |
| Luis Rigoberto    | Pambaquishpe Ibadango | 21/06/2022 0:00:00 | Acacias   | 3           | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Ver</a> |

*Nota.* Lista de apiarios a cargo del apicultor, plantilla del apicultor.

La lista de colmenas permite observar al apicultor las colmenas creadas por el administrador y que pertenecen a un determinado apiario como se observa en la Figura 84, de igual forma el apicultor tendrá la capacidad de editar campos como, la producción de la colmena, la fecha de cosecha de la colmena y alguna observación que requiera el apicultor de la colmena y ver la información completa de la colmena.

### Figura 84

*Listado de colmenas del apicultor.*

| STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir |                    |          |        |            |  |
|--|--------------------|----------|--------|------------|--|
| Lista de Colmenas  |                    |          |        |            |  |
| Ubicacion  | FechaCrea          | Modo1    | Codigo | Produccion | Acciones                                   |
| Acacias  | 21/06/2022 0:00:00 | Inactivo | 1      |            | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Ver</a> |

*Nota.* Lista de colmenas a cargo del apicultor, plantilla del apicultor.

El apicultor puede observar si alguna colmena presenta en su estado, alguna alerta sobre el estado de la colmena como lo son normal, precaución o atención. El apicultor observa una lista previa de datos y si alguna colmena le interesa observar detalladamente lo podrá realizar mediante el botón ver. Como se observa en la Figura 85.

### Figura 85

*Lista de datos de las colmenas del apicultor.*

| STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
| Lista de Datos   |  |  |  |  |  |
| No existe registro   |  |  |  |  |  |

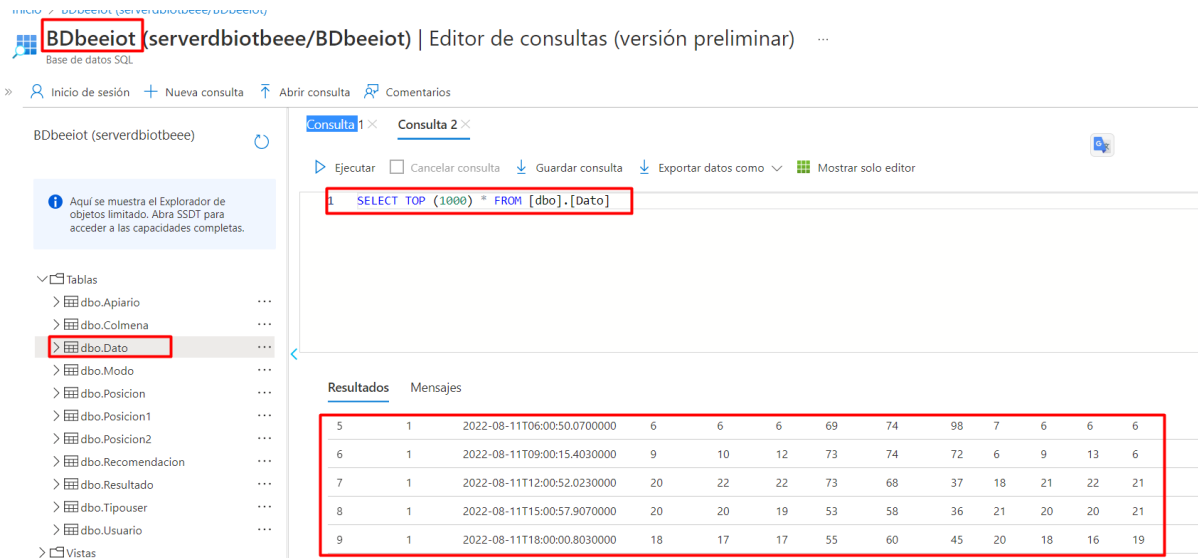
*Nota.* Lista de datos de la colmena a cargo del apicultor, plantilla del apicultor.

#### 3.6.4.4.4. Iteración 4

En la Figura 86 se observa los datos tomados por los sensores y almacenados en variables en el módulo de procesamiento de datos, durante los 3 ciclos de la rutina 1, posterior a ello, se envía los datos almacenados en una cadena String al módulo de comunicación, el cual recibe los datos y los arregla en una cadena String, a la cual se agrega la fecha y hora actualizadas. Los datos al final son almacenados en la base de datos llamada **BDbeeiot** en SQL Database, en la tabla **Dato**, mediante una consulta se puede verificar los datos almacenados en la Base de datos. Mediante la explicación se comprueba la integración del módulo 4 a los módulos anteriores.

**Figura 86**

*Datos almacenados en la base de datos BDbeeiote.*



*Nota.* Los datos enviados desde el módulo de toma de datos son almacenados en la base de datos alojada en la plataforma Azure Microsoft.

**3.6.5. Consumo Eléctrico**

Este es un módulo que tiene la función de suministrar energía a la capa WSN.

Anteriormente se seleccionaron cada uno de los elementos necesarios para cumplir con los requerimientos del sistema por lo que es factible realizar el cálculo para la alimentación de voltaje y corriente eléctrica. En tabla 21 se detalla el voltaje y corriente que necesita cada uno de los elementos para el funcionamiento correcto.

**Tabla 21**

Suministro de energía necesario para cada elemento del sistema.

| Elemento | Símbolo    | Estado | Corriente (mA) | Voltaje de operación (V) |
|----------|------------|--------|----------------|--------------------------|
| DTH22    | <i>DHT</i> | Activo | 2.5            | 5                        |

---

|                      |                                |        |      |     |
|----------------------|--------------------------------|--------|------|-----|
|                      | <i>DHT<sub>sleep</sub></i>     | Sleep  | 0    |     |
| Servo SG90 Tower Pro | <i>SG90</i>                    | Activo | 130  | 5   |
|                      | <i>SG90<sub>sleep</sub></i>    | Sleep  | 2    |     |
| Arduino Nano         | <i>Nano</i>                    | Activo | 15   | 5   |
|                      | <i>Nano<sub>sleep</sub></i>    | Sleep  | 2.74 |     |
| WeMos D1 mini        | <i>ESP8266</i>                 | Activo | 68   | 5   |
|                      | <i>ESP8266<sub>sleep</sub></i> | Sleep  | 0.17 |     |
| HX711                | <i>HX711</i>                   | Activo | 4    | 3.3 |
|                      | <i>HX711<sub>sleep</sub></i>   | Sleep  | 1.1  |     |

---

### 3.6.5.1. *Cálculo de Voltaje*

El cálculo del voltaje se realizó verificando el voltaje de alimentación de cada uno de los elementos seleccionados a implementar en el sistema, luego del correspondiente análisis, se decidió que un voltaje de  $\pm 5$  voltio garantiza el funcionamiento del proyecto.

### 3.6.5.2. *Cálculo de Corriente*

Para calcular de la corriente necesaria para el correcto funcionamiento del sistema se necesita conocer el tiempo de consumo de la rutina 1, 2 y los tiempos del sistema en modo Stand-by, este proceso se ejecuta periódicamente en un lapso de 3 horas, entonces se establece la Ecuación 3 para el correspondiente calculo:

### 3.6.5.2.1. *Modo Activo*

Tiempo de consumo en modo Activo expresado en segundos sobre ciclo:

$$Activo = ((3 * DHT * 30s) + SG90 * 75s + HX711 * 6s + Nano * 75s + ESP8266 * 5s)$$

$$Activo = (7.5 mA * 30s + 2 mA * 75s + 4 mA * 6s + 15 mA * 75s + 68 mA * 5s)$$

$$Activo = 225 mAs + 150 mAs + 24 mAs + 1125 mAs + 340 mAs$$

$$Activo = 1864 mAs/ciclo$$

### 3.6.5.2.2. *Modo Stand-by*

Tiempo de consumo en modo Stand-by expresado en segundos sobre ciclo:

$$Sleep = (SG90_{sleep} * 10725 + HX711_{sleep} * 10794 + Nano_{sleep} * 10725 + ESP8266_{sleep} * 10795)$$

$$Sleep = (2 mA * 10725s + 1.1 mA * 10794s + 2.74 mA * 10725s + 0.17 mA * 10795s)$$

$$Sleep = 21450 mAs + 11873.4 mAs + 29386.5 mAs + 1835.15 mAs$$

$$Sleep = 64545.05 mAs/ciclo$$

Se realiza la suma ambos modos:

$$Total = Activo + Sleep$$

$$Total = 1864 + 64545.05 mAs/ciclo$$

$$Total = 66409.05 mAs/ciclo$$

Se multiplica capacidad de corriente de la batería por la cantidad de segundos en una hora se divide para la cantidad de total de consumo de corriente en ambos modos.

$$(6000 mAh * 3600 s/h) / Total$$

$$(6000 mAh * 3600 s/h) / 66409.05 mAs / ciclo$$

$$21600000 mAs / (66409.05 \frac{mAs}{ciclo})$$

$$325.25 ciclos$$

Cada ciclo dura 3 horas por lo cual:



$$325.25 \text{ ciclos} * 3 \text{ horas} = 975.77 \text{ hora}$$

$$975.77 \text{ horas} / 24 \frac{\text{hora}}{\text{dia}} = 40.6 \text{ dias}$$

Luego del pertinente análisis se llegó a la conclusión que para alimentar al sistema es necesario una fuente de energía de por lo menos  $\pm 5$  Vcd a 6 A. la cual suministrara energía durante 40.6 días.

### **3.6.5.3. Duración de Batería**

Mediante los siguientes cálculos se podrá realizar una estimación de la duración de una vida útil de batería de 5V a 6000 mA para la ejecución del proyecto.

## **CAPÍTULO 4 Pruebas.**

### **4.1. Implementación de la Propuesta, Sistema Strong-Bee**

De acuerdo a la directriz del modelo en V, para realizar la implementación del sistema en primer lugar se debió cumplir con las diferentes pruebas que contiene el modelo en V sin errores, realizando pruebas de validación de arquitectura sistemas y stackholder, pruebas de funcionamiento, y cumpliendo con éxito cada una de las etapas. Pará el presente proyecto se tiene sensores colocados en la colmena que puedan monitorear y activar o no según sea el caso el mecanismo de ventilación para precautelar la salud de la colmena como apoyo a un desarrollo de la colmena en un ambiente adecuado.

El sistema Strong-Bee cuanta con 4 módulos muy bien definidos que son los siguientes:

- **Módulo de toma de datos:** Conformado por los sensores, DHT22, HX711. Al salir del modo Stand-by, inicia la rutina 1 y los sensores se encargan de la toma de datos, los sensores miden o toman información del entorno físico y lo convierten en señales eléctricas que son enviadas hacia el módulo de procesamiento de datos. Mientras

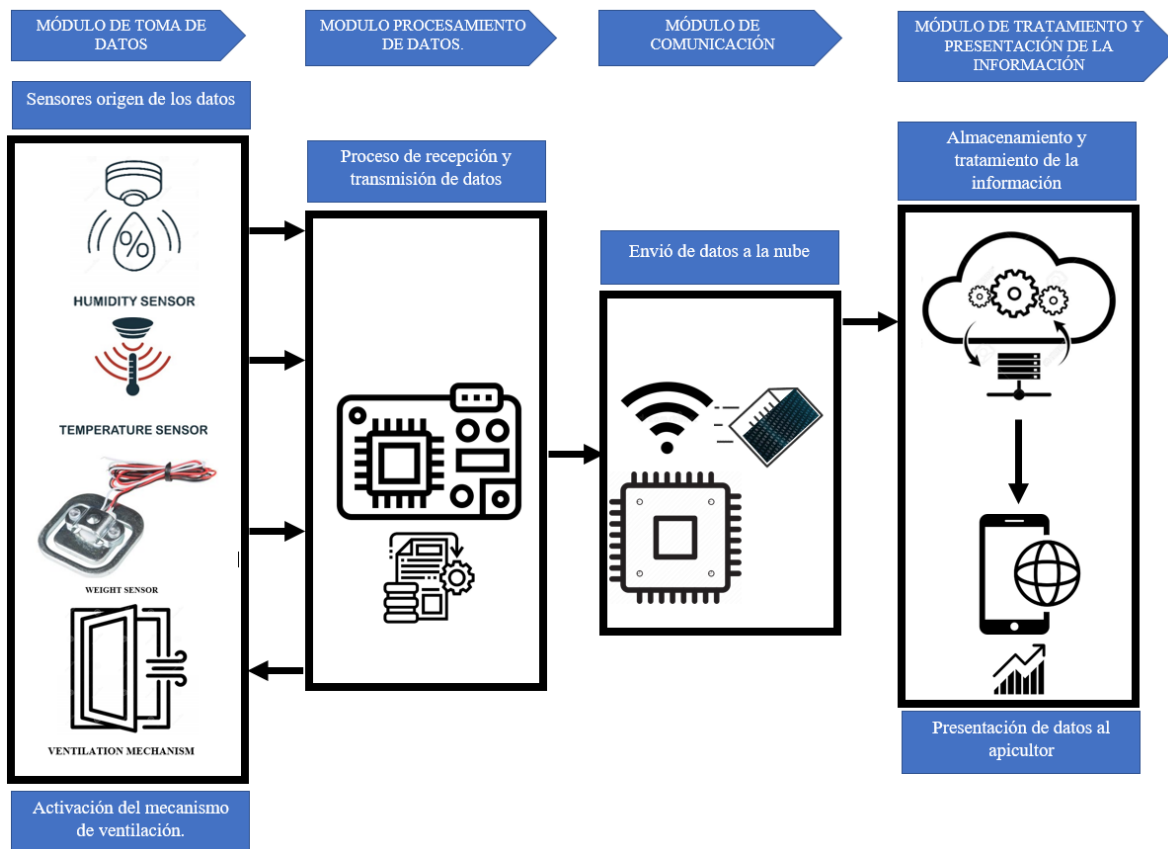
tanto el mecanismo de ventilación se encuentra a la espera de recibir una serie de pulsos PWM que representa movimientos específicos de acuerdo a los pulsos emitidos por el módulo de procesamiento de datos.

- **Módulo de procesamiento de datos:** Está compuesto por el Arduino Nano. Las señales digitales son receptadas a través de los pines del microcontrolador, el cual almacena los datos en variables, y de acuerdo a los datos recibidos se envía pulsos PWM para la ejecución del mecanismo de ventilación de acuerdo a los datos recibidos, este proceso se repite periódicamente en toda la rutina 1. Los datos son almacenados en variables durante toda la rutina 1 y 2, al terminar la primera rutina, inicia la segunda rutina, se realizar los cálculos para determinar el estado de salud de la colmena durante la ejecución de toda la rutina 1, los datos almacenados en variables se agregan a una cadena de datos para su posterior envío al módulo de comunicación a través del protocolo UART. Si los datos fueron enviados correctamente se limpia las variables a la espera del nuevo inicio de la rutina 1.
- **Módulo de comunicación:** Este compuesto por el Wemos D1. El cual sale del modo Sleep a través de un estado LOW en el pin RST. Los datos son receptados por el módulo a través del pin RX, si los datos son correctamente recibidos, son agregados a una cadena junto con la fecha y hora del envío de datos, caso contrario solicita reenvío de datos al módulo de procesamiento de datos. El módulo de comunicación se encarga del envío de datos a la plataforma de Azure Microsoft para su correspondiente tratamiento y presentación de la información.
- **Módulo de tratamiento y presentación de la información:** en este módulo el apicultor podrá acceder a la información almacenada a través de la página web y verificar el estado de la colmena, si se encuentra en puntos críticos que puedan afectar al desarrollo y producción de la colmena.

En la Figura 87 se muestra la arquitectura modular del sistema Strong-Bee

**Figura 87**

*Arquitectura de los módulos del sistema Strong-Bee.*

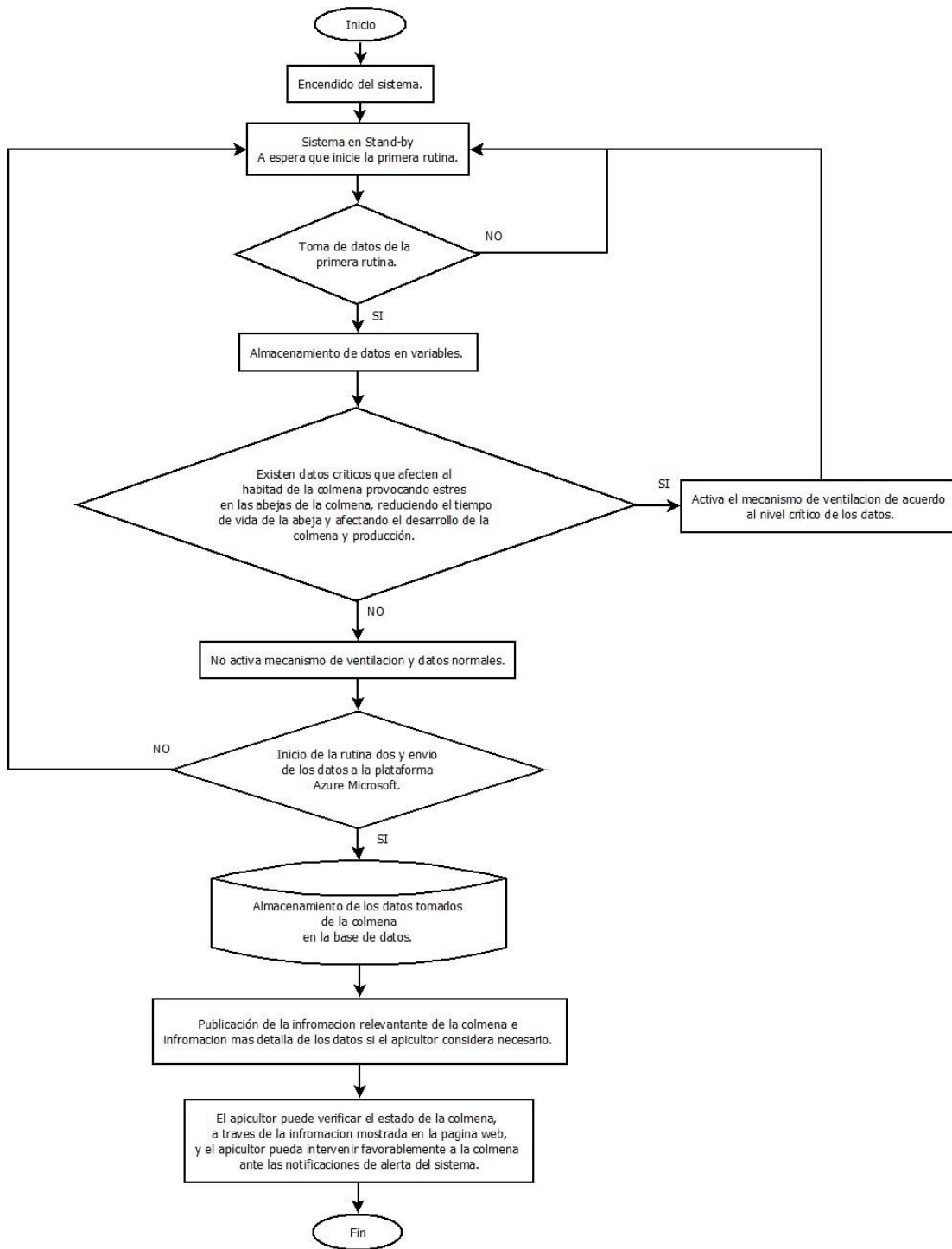


*Nota.* Esquema modular que representa la conformación del sistema Strong-Bee.

En la Figura 88 se muestra el flujograma general de los procesos del sistema Strong-Bee

**Figura 88**

*Diagrama de flujo del sistema Strong-Bee*



*Nota.* Flujograma general de operación del sistema Strong-Bee para el monitoreo de la colmena.

#### 4.2. Funcionamiento Integrado de los Módulos.

De acuerdo al diseño realizado, a continuación, la verificación de funcionamiento de los sensores ubicados en la colmena, para ello se pretende demostrar lo siguiente:

- Toma de datos del sensor DHT22 en un ambiente controlado y verificación con un termohigrómetro digital.
- Validación del pesaje del sensor de peso.
- Verificación del mecanismo de ventilación.
- Almacenamiento de los datos en la base de datos alojada en la plataforma de Azure Microsoft.

En esta sección se demuestra la funcionalidad de los 3 sensores de temperatura y humedad mediante la toma simultánea de datos en un ambiente controlado, el cual los 3 sensores se encuentren expuestos a las mismas condiciones como se observa en la Figura 89. Para comprobar la funcionalidad de los sensores se utilizó un termohigrómetro digital, el cual muestra el primer valor la temperatura interna y en el siguiente valor la temperatura externa que se toma mediante el sensor externo como se observa en la Figura 89, y por último la humedad. Este ejercicio se realizó conectando la placa central con la computadora mediante un cable USB, y a través del monitor serial se visualiza los datos cercanos semejantes entre los sensores con el termohigrómetro digital, como se observa en la Figura 90, con esta actividad se demuestra que los sensores funcionan correctamente en la colmena y los datos tomados son semejantes entre los sensores.

### **Figura 89**

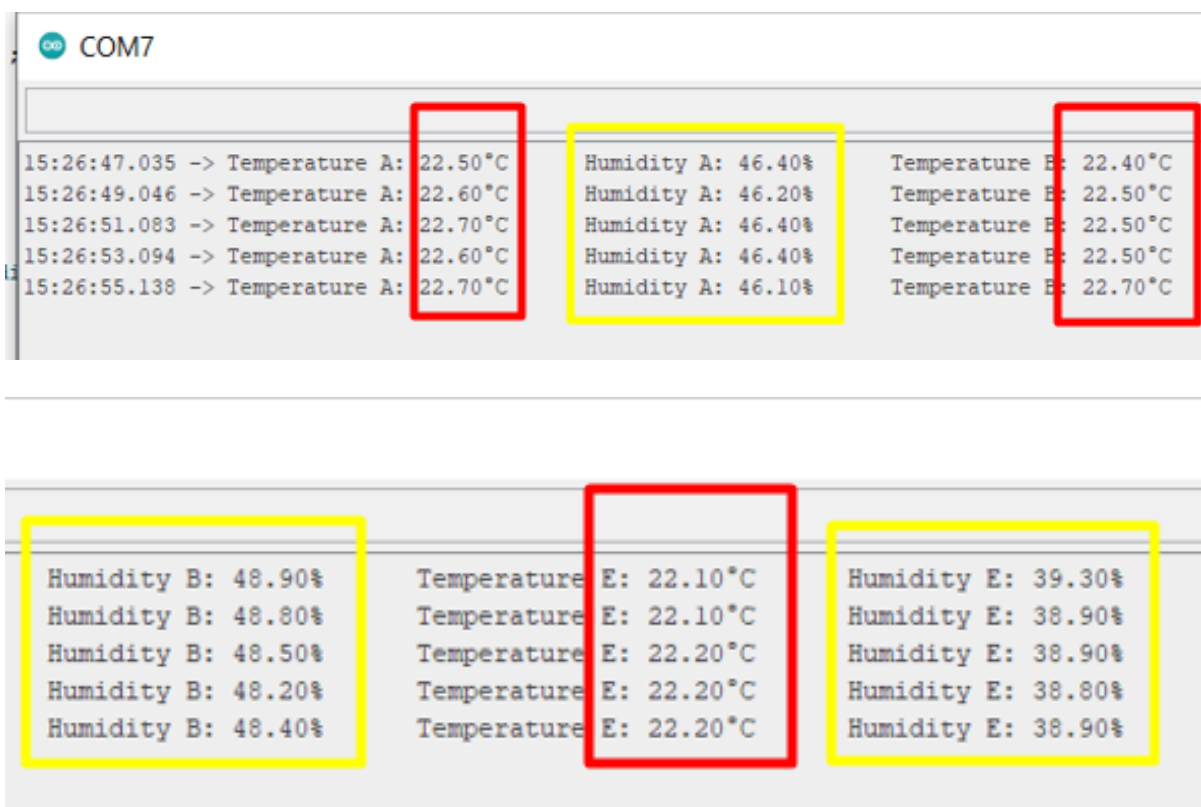
*Sensores DHT22 expuesto a un ambiente controlado.*



*Nota.* Toma de datos de los sensores temperatura y humedad, internos y externo, datos mostrados a través del monitor serial, validación de datos con la ayuda de un termohigrómetro digital.

**Figura 90**

*Captura de toma de medidas semejantes entre sensores, como verificación de funcionamiento.*



*Nota.* Datos obtenidos a través del monitor serial de los sensores de temperatura y humedad, internos y externo de la colmena.

En este apartado se demuestra el funcionamiento del pesaje, por lo cual, a las celdas colocadas en las esquinas inferiores de la base de la colmena como se muestra en la Figura 26, la celda de carga es un dispositivo mecánico que actúa como un transductor que convierte una aplicación de fuerza, es decir la fuerza aplicada deforma la galga extensiométrica y la convierte en una señal eléctrica. La señal eléctrica que envían las celdas de carga es en el orden de los milivoltios por lo cual es necesario utilizar el módulo HX711 para obtener una señal digital. En la Figura 91 se muestra la balanza en 0, anteriormente es necesario calibrar la balanza, como se muestra en el Anexo C, una vez calculado el valor del factor de calibración, se añade al sketch principal, luego ejecutamos el código y verificamos que no exista ningún peso sobre la balanza, luego agregamos un peso aproximadamente de 2 Kg como se muestra en la Figura 92, y se observa a través del monitor serial que el peso obtenido es de 2 Kg como se observa en la Figura 93, mediante la práctica se puede verificar el funcionamiento correcto de la celda y módulo HX711, y el factor de calibración.

### **Figura 91**

*Balanza en cero, a la espera de un nuevo peso.*

COM7

|                                   |       |                    |          |
|-----------------------------------|-------|--------------------|----------|
| 17:33:05.708 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:05.788 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:05.888 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:05.968 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.086 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.128 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.244 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.327 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.408 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.489 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.568 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.686 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.768 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.848 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:06.928 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.018 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.098 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.172 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.288 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.358 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.436 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.518 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.605 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.729 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.808 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.888 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:07.970 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.058 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.138 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.218 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.338 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.418 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.504 -> Leyendo: 0.03 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.578 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.658 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.738 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.848 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:08.928 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |
| 17:33:09.018 -> Leyendo: 0.02 kgs | 0 Lbs | factor_calibracion | 23000.00 |

*Nota.* Dato obtenido a través de comunicación serial del sensor de peso, para el pesaje de la colmena.

**Figura 92**

*Verificación de peso mediante una balanza manual.*





*Nota.* Con la ayuda de una balanza manual, se pesa un objeto, el cual servirá como prueba para las pruebas de funcionamiento del pesaje de la colmena.

**Figura 93**

*Peso añadido en la colmena y verificación del nuevo valor del peso mediante monitor serial.*



COM7

|              |    |       |                  |      |
|--------------|----|-------|------------------|------|
| 17:38:35.568 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:35.648 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:35.718 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:35.838 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:35.888 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:35.973 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.088 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.178 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.258 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.338 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.418 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.494 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.618 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.691 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.768 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.848 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:36.928 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:37.015 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:37.138 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:37.218 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:37.307 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:37.388 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.00 Kg | 4 lb |
| 17:38:37.468 | -> | [HX7] | Leyendo: 2.01 Kg | 4 lb |

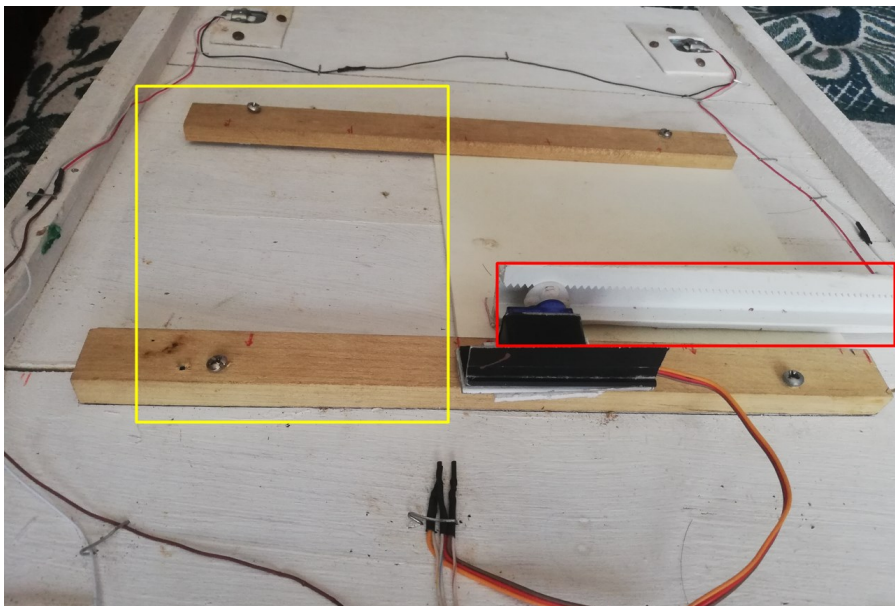
*Nota.* Prueba del sensor de peso en la colmena , colocado un peso conocido, y los datos mostrados a través de comunicación serial, emiten un valor similar al brindado por la balanza manual.

En esta parte se muestra el funcionamiento de mecanismo de ventilacion, al enviar un pulso PWM durante un periodo de tiempo, se puede realizar la accion de cerrar , semi abrir o

abrir totalmente el mecanismo de ventilación mediante el envío de una orden al servomotor a través del pin 9 del módulo de procesamiento. En la Figura 94 dentro del recuadro rojo presenta unos engranajes que mueven la protección hacia la izquierda o derecha a través de las guías en el recuadro amarillo, esto permite al momento de girar el servomotor abrir o cerrar la ventilación.

#### Figura 94

*Engranaje del servomotor para abrir o cerrar la ventilación.*



*Nota.* La compuerta se desliza a la izquierda para abrir el mecanismo de ventilación en la parte inferior de la colmena.

El módulo de toma de datos, captura los datos del ambiente del interior y exterior de las colmenas, los datos son enviados al módulo de procesamiento, encargado de almacenar los datos en variables durante la ejecución de 3 ciclos de la rutina uno, al concluir la rutina uno, empieza la rutina dos, la cual utiliza los datos almacenados en variables para obtener los promedios de la temperatura humedad interna y externa, ordena todos los datos en una cadena y son enviados a través de comunicación serial al módulo de comunicación, el cual recibe los datos correctamente, agrega a la cadena de datos la hora y fecha exacta tomado

desde el internet, y envía a la plataforma de Azure Microsoft para su correspondiente almacenamiento, En la Figura 95 se puede apreciar los datos almacenados en la tabla Dato en el recurso del SQL Database de la plataforma. Con esto se puede verificar el correcto funcionamiento e integración de los módulos de toma de datos, procesamiento de datos, comunicación y tratamiento de información.

### Figura 95

*Visualización de datos de la colmena almacenados en la tabla Dato.*

| Resultados |         | Mensajes |                         |       |       |      |       |       |      |        |        |        |        |        |        |
|------------|---------|----------|-------------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|            | id_dato | cod      | fecha_hora              | t_ina | t_inb | t_ex | h_ina | h_inb | h_ex | t_ina1 | t_ina2 | t_ina3 | t_inb1 | t_inb2 | t_inb3 |
| 1          | 4       | 1        | 2022-08-11 03:00:01.503 | 9     | 9     | 9    | 70    | 72    | 87   | 12     | 9      | 7      | 12     | 9      | 7      |
| 2          | 5       | 1        | 2022-08-11 06:00:50.070 | 6     | 6     | 6    | 69    | 74    | 98   | 7      | 6      | 6      | 6      | 6      | 6      |
| 3          | 6       | 1        | 2022-08-11 09:00:15.403 | 9     | 10    | 12   | 73    | 74    | 72   | 6      | 9      | 13     | 6      | 9      | 15     |
| 4          | 7       | 1        | 2022-08-11 12:00:52.023 | 20    | 22    | 22   | 73    | 68    | 37   | 18     | 21     | 22     | 21     | 23     | 23     |
| 5          | 8       | 1        | 2022-08-11 15:00:57.907 | 20    | 20    | 19   | 53    | 58    | 36   | 21     | 20     | 20     | 21     | 20     | 20     |
| 6          | 9       | 1        | 2022-08-11 18:00:00.803 | 18    | 17    | 17   | 55    | 60    | 45   | 20     | 18     | 16     | 19     | 18     | 16     |

| t_ex1 | t_ex2 | t_ex3 | h_ina1 | h_ina2 | h_ina3 | h_inb1 | h_inb2 | h_inb3 | h_ex1 | h_ex2 | h_ex3 |
|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 12    | 9     | 7     | 71     | 69     | 70     | 73     | 72     | 73     | 76    | 91    | 95    |
| 7     | 7     | 6     | 69     | 69     | 69     | 73     | 74     | 75     | 97    | 99    | 99    |
| 7     | 14    | 17    | 69     | 73     | 79     | 74     | 74     | 75     | 99    | 66    | 51    |
| 21    | 23    | 23    | 82     | 80     | 58     | 71     | 73     | 60     | 43    | 39    | 30    |
| 20    | 19    | 19    | 53     | 54     | 52     | 57     | 60     | 59     | 34    | 37    | 38    |
| 19    | 18    | 16    | 53     | 56     | 58     | 59     | 60     | 62     | 40    | 42    | 55    |

*Nota.* Datos almacenados en la tabla Datos en el recurso de SQL Database de la plataforma de Azure Microsoft, relacionados con el estado actual de la colmena, los datos son visualizados a través del software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

### 4.3. Implementación del Sistema Strong-Bee

Con el sistema correctamente diseñado, confirmando el funcionamiento en conjunto de los 4 módulos, se procedió a realizar la implementación en el campo del sistema Strong-Bee. Para lo cual se planteó escenarios que permitan realizar y validar los requerimientos de arquitectura sistema y stackholder, además pruebas de funcionamiento en campo. Por lo tanto, se implementó la colmena en el apiario del Sr. Luis Rigoberto Pambaquishpe Ibadango,

ubicado en la parroquia de Imbaya. Como se puede observar en la Figura 96 (a), se puede observar el apiario antes de la colocación de la colmena modificada, en la Figura 96 (b) se observa la migración de colmena tradicional a la colmena modificada y en la Figura 96 (c) el sistema Strong-Bee se colocó en el apiario junto a otras colmenas y se puede observar la implementación para la realización de las respectivas pruebas de validación y funcionamiento en campo.

### **Figura 96**

*a) Implantación de la colmena del sistema Strong-Bee en el apiario del apicultor.*



*b) Colocación de los cuadros en la colmena del sistema Strong-Bee.*



*c) Colmena del sistema Strong-Bee implementada.*



*Nota.* La Figura (a) permite verificar el lugar donde se colocará la colmena del sistema Strong-Bee, junto con otras colmenas que pertenecen al apiario. La Figura (b) permite observar el proceso el cambio de los cuadros de las colmenas, a la colmena del sistema Strong-Bee, La Figura (c), se observa la colmena colocada en el apiario lista para realizar pruebas de implantación.

#### **4.4. Pruebas de validación.**

A continuación, se presenta los escenarios para las pruebas de funcionamiento y validación del sistema Strong-Bee.

##### **4.4.1. Prueba de Arquitectura**

###### **4.4.1.1. Sistema Adaptarse a Condiciones Climáticas Complicadas.**

En la Figura 97 se puede apreciar a la colmena implementada y operando durante el día y la noche sin ninguno problema, los módulos de procesamiento y comunicación se encuentran protegidos por la caja de protección (Caja blanca). En la Figura 98 se muestra los datos tomados durante 24 horas seguidas por el sensor de temperatura y humedad externo, el cual permite verificar que en el intervalo de tiempo seleccionado, la temperatura máxima fue de 27 °C mientras la mínima fue de 16 °C y la humedad mínima fue de 40% y máxima de 85% ,



por lo cual se demuestra que el sistema puede operar tanto en la noche y día sin afectar el funcionamiento.

### Figura 97

*Operación del sistema en día y noche.*



*Nota.* La colmena fue colocada y operando durante el día y la noche enviando datos a la base de datos, para luego ser verificados en la base de datos mediante el software Microsoft SQL Server Management Studio 2018.

### Figura 98

*Captura de datos tomados durante 24 horas.*

| Resultados |          | Mensajes |                         |       |       |       |      |       |       |       |      |
|------------|----------|----------|-------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
|            | id_datos | cod      | fecha_hora              | t_ex1 | t_ex2 | t_ex3 | t_ex | h_ex1 | h_ex2 | h_ex3 | h_ex |
| 1          | 1        | 1        | 2022-11-03 09:07:16.017 | 19    | 21    | 23    | 21   | 74    | 66    | 57    | 65   |
| 2          | 2        | 1        | 2022-11-03 12:07:06.010 | 25    | 27    | 27    | 26   | 50    | 39    | 40    | 43   |
| 3          | 3        | 1        | 2022-11-03 15:06:08.070 | 27    | 26    | 21    | 24   | 40    | 44    | 62    | 48   |
| 4          | 4        | 1        | 2022-11-03 18:09:46.237 | 23    | 20    | 18    | 20   | 59    | 73    | 84    | 72   |
| 5          | 5        | 1        | 2022-11-03 21:10:06.093 | 18    | 18    | 18    | 18   | 85    | 85    | 85    | 85   |
| 6          | 6        | 1        | 2022-11-04 00:09:43.457 | 17    | 17    | 17    | 17   | 85    | 85    | 85    | 85   |
| 7          | 7        | 1        | 2022-11-04 03:09:30.310 | 17    | 17    | 16    | 16   | 85    | 85    | 85    | 85   |
| 8          | 8        | 1        | 2022-11-04 06:09:02.750 | 16    | 17    | 16    | 16   | 85    | 85    | 85    | 85   |
| 9          | 9        | 1        | 2022-11-04 09:09:27.163 | 18    | 19    | 23    | 20   | 82    | 76    | 61    | 73   |

*Nota.* Datos almacenados del sistema Strong-Bee durante el día y noche.

#### 4.4.1.2. Sistema de Fácil de Manipulación, Movilización y Encendido.

La figura 99 indica que la colmena tradicional se puede movilizar por separado, la caja y soporte al llegar al lugar de colocación, se procede con el armado de la colmena, por lo

cual la colmena modificada del sistema Strong-Bee, no puede perder estas características muy esenciales, para lo cual la colmena modificada cuenta con un tipo de conectores como se muestra en la Figura 100, permite unir los sensores colocados en la base o soporte con el módulo de procesamiento de datos.

### **Figura 99**

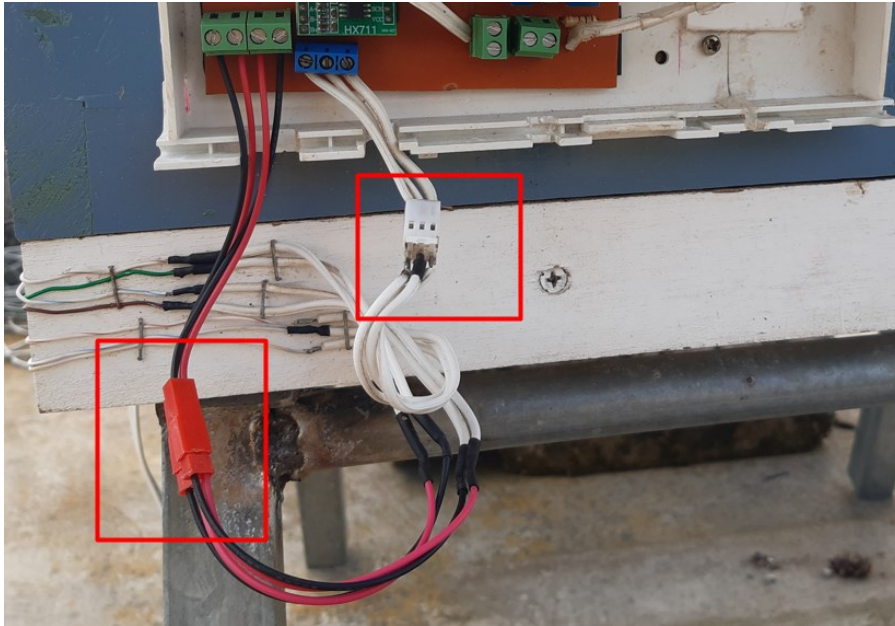
*Colmena tradicional para la apicultura.*



*Nota.* Colmena tradicional al ser transportada se lleva por separado, por lo cual el sistema Strong-Bee no puede perder esta característica importante.

### **Figura 100**

*Conectores de los sensores colocados en la base o soporte.*



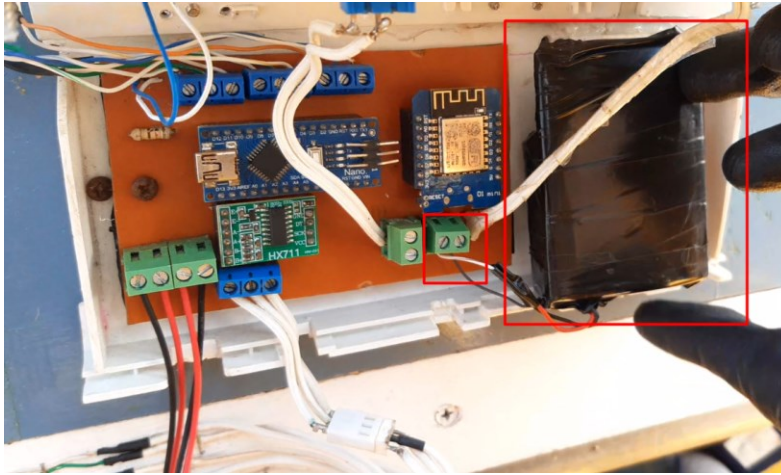
*Nota.* Los sensores para conectarse a la placa central tienen conectores, el cual permite separar y unir la base o soporte de la caja central.

Una vez instalada la colmena y conectado los sensores de la base o soporte con el módulo de procesamiento de datos, conexión de la batería para la alimentación del sistema Strong-Bee a través del pin **Vin** del microcontrolador Arduino Nano como se muestra en la Figura 101(a), se procede con el encendido del sistema mediante un interruptor de encendido del sistema como se demuestra en la Figura 101(b). La hora de encendido del sistema siempre debe realizarse 5 minutos antes de la hora establecida para la ejecución del primer ciclo de la rutina 1.

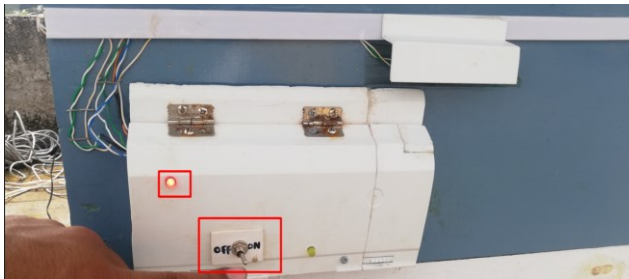
### **Figura 101**

*a) Alimentación eléctrica del sistema.*





*b) Verificación del encendido del sistema*



*Nota.* En la Figura (a) se observa los módulos de toma de datos, procesamiento de datos, comunicación y alimentación del circuito están conectados debidamente a la placa. La Figura (b) muestra el encendido del sistema mediante el pulsador y verificación a través del encendido del Led.

#### **4.4.1.3. Ejecución Periódica Automática del Sistema.**

Como se expone en la Figura 102, los datos fueron tomados automáticamente por el módulo de toma de datos y enviados a través de los diferentes módulos a la base de datos para su correspondiente almacenamiento, este proceso se ejecuta periódicamente una vez terminados la rutina 1 y rutina 2, los datos son almacenados aproximadamente cada 3 horas sin intervención del apicultor o ente que lo active. Además, se puede validar el funcionamiento de días consecutivos, sin ningún tipo de errores.

### **Figura 102**

*Captura de datos almacenados periódicamente en la base de datos en la nube.*

| Resultados |         | Mensajes |                         |       |       |       |       |      |      |  |
|------------|---------|----------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|--|
|            | id_dato | cod      | fecha_hora              | t_ina | h_ina | t_inb | h_inb | t_ex | h_ex |  |
| 1          | 1       | 1        | 2022-11-02 00:01:38.393 | 19    | 89    | 22    | 96    | 18   | 82   |  |
| 2          | 2       | 1        | 2022-11-02 03:01:51.610 | 19    | 89    | 21    | 96    | 17   | 84   |  |
| 3          | 3       | 1        | 2022-11-02 06:02:06.170 | 19    | 89    | 21    | 96    | 18   | 83   |  |
| 4          | 4       | 1        | 2022-11-02 09:02:39.900 | 22    | 89    | 23    | 96    | 20   | 73   |  |
| 5          | 5       | 1        | 2022-11-02 12:03:44.040 | 29    | 89    | 32    | 80    | 26   | 46   |  |
| 6          | 6       | 1        | 2022-11-02 15:05:07.133 | 28    | 59    | 36    | 54    | 25   | 48   |  |
| 7          | 7       | 1        | 2022-11-02 18:05:16.977 | 21    | 78    | 24    | 62    | 18   | 80   |  |
| 8          | 8       | 1        | 2022-11-02 21:05:43.647 | 20    | 88    | 22    | 95    | 18   | 81   |  |
| 9          | 9       | 1        | 2022-11-03 00:06:00.007 | 19    | 89    | 21    | 96    | 19   | 76   |  |
| 10         | 10      | 1        | 2022-11-03 03:06:28.750 | 20    | 89    | 21    | 96    | 19   | 74   |  |
| 11         | 11      | 1        | 2022-11-03 06:06:43.217 | 19    | 89    | 20    | 96    | 19   | 72   |  |
| 12         | 12      | 1        | 2022-11-03 09:07:16.017 | 22    | 83    | 23    | 93    | 21   | 65   |  |
| 13         | 13      | 1        | 2022-11-03 12:07:06.010 | 28    | 54    | 34    | 65    | 26   | 43   |  |
| 14         | 14      | 1        | 2022-11-03 15:06:08.070 | 18    | 34    | 36    | 42    | 24   | 48   |  |
| 15         | 15      | 1        | 2022-11-03 18:09:46.237 | 21    | 75    | 26    | 53    | 20   | 72   |  |
| 16         | 16      | 1        | 2022-11-03 21:10:06.093 | 19    | 86    | 21    | 89    | 18   | 85   |  |
| 17         | 17      | 1        | 2022-11-04 00:09:43.457 | 18    | 89    | 21    | 92    | 17   | 85   |  |
| 18         | 18      | 1        | 2022-11-04 03:09:30.310 | 17    | 89    | 20    | 96    | 16   | 85   |  |
| 19         | 19      | 1        | 2022-11-04 06:09:02.750 | 17    | 89    | 19    | 94    | 16   | 85   |  |
| 20         | 20      | 1        | 2022-11-04 09:09:27.163 | 15    | 57    | 23    | 87    | 20   | 73   |  |
| 21         | 21      | 1        |                         |       |       |       |       |      |      |  |

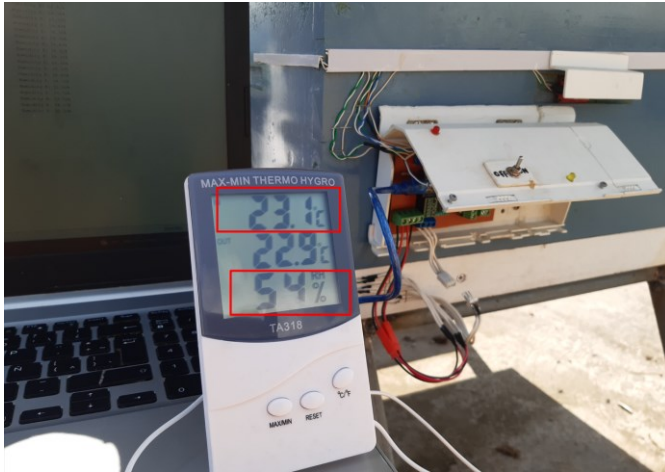
*Nota.* Datos almacenados por el sistema Strong-Bee durante 3 días continuos, sin presentar problemas en la toma de datos y almacenamiento de los mismos.

#### 4.4.1.4. *El Sistema Toma Datos del Ambiente y Almacenar los Datos en la Plataforma en la Nube.*

Con la ayuda de un termohigrómetro como se aprecia en la Figura 103 (a) se puede verificar que los datos de temperatura y humedad que capturo el termohigrómetro, coincide con el dato almacenado en la base de datos de la plataforma de Azure Microsoft, correspondiente al primer ciclo de la rutina 1 como se expone en la Figura 103 (b).

### Figura 103

a) *Toma de datos de temperatura y humedad con termohigrómetro.*



b) Captura de datos almacenado en la plataforma de Azure Microsoft.

BDbeeiot (serverdb-iotbee/BDbeeiot) Editor de consultas (versión preliminar)

Consulta 2

```
SELECT TOP (1000) cod, fecha_hora, t_ex1, t_ex2, t_ex3, h_ex1, h_ex2, h_ex3 FROM [dbo].[dato]
```

| cod | fecha_hora             | t_ex1 | t_ex2 | t_ex3 | h_ex1 | h_ex2 | h_ex3 |
|-----|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | 2022-12-04T16:00:19... | 24    | 22    | 21    | 50    | 54    | 60    |

(b)

*Nota.* La Figura (a) muestra un termohigrómetro dedicado a la toma de datos de temperatura y humedad a través de un termohigrómetro, sistema Strong-Bee tomo datos y envío almaceno los datos en la base de datos. La Figura (b) mediante una consulta se puede verificar la similitud con los datos tomados por el termohigrómetro.

#### 4.4.1.5. *Perfiles de Administrador y Apicultor para Visualización de Datos.*

Para la visualización de los datos del apicultor e información sobre el apiario, se diseñó una página Web, la cual consta de dos perfiles, administrador y apicultor, el perfil administrador, tiene la facultad de realizar un CRUD de la información de usuarios, apiarios, colmenas como se demuestra en la Figura 104, mientras que el perfil de apicultor únicamente

puede ver y editar cierta la información del apiarios y colmenas, tal como se indica en la Figura 105.

### Figura 104

*Perfil del administrador.*

STRONG-BEE Inicio Clientes Apiarios Colmenas Datos de colmena Salir

## Bienvenido al sistema Administrador

STRONG-BEE Inicio Clientes Apiarios Colmenas Datos de colmena Salir

**Lista General de Clientes** Agregar Nuevo Cliente

| Cedula     | Nombres        | Apellidos             | Celular   | IdTipouser    | Acciones  |
|------------|----------------|-----------------------|-----------|---------------|---|
| 1002003004 | Luis Rigoberto | Pambaquishpe Ibadango | 985741234 | Apicultor     | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a> <a href="#">Ver</a> |
| 1003566237 | Luis Alexander | Lima Pambaquishpe     | 988385720 | Administrador | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a> <a href="#">Ver</a> |

STRONG-BEE Inicio Clientes Apiarios Colmenas Datos de colmena Salir

**Lista General de Apiarios** Agregar Nuevo Apiario

| Nombres        | Apellidos             | Fecha_Creación     | Ubicación | Numero_Colmenas | Acciones  |
|----------------|-----------------------|--------------------|-----------|-----------------|---|
| Luis Rigoberto | Pambaquishpe Ibadango | 15/08/2022 0:00:00 | Imbaya    | 1               | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a> <a href="#">Ver</a> |

STRONG-BEE Inicio Clientes Apiarios Colmenas Datos de colmena Salir

**Lista General de Colmenas** Agregar Nueva Colmena

| Ubicación | Fecha_Creación     | Modo     | Codigo_Colmena | Producción | Acciones  |
|-----------|--------------------|----------|----------------|------------|---|
| Imbaya    | 15/08/2022 0:00:00 | Inactivo | 1              |            | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a> <a href="#">Ver</a> |

STRONG-BEE Inicio Clientes Apiarios Colmenas Datos de colmena Salir

**Lista General de Datos**

| Codigo_Colmena | Fecha_Hora          | Peso (Lbs) | Resultado | Recomendación | Acciones                                     |
|----------------|---------------------|------------|-----------|---------------|--|
| 1              | 07/12/2022 14:39:51 | 99         | Lluvioso  | Normal        | <a href="#">Ver</a> <a href="#">Eliminar</a> |
| 1              | 07/12/2022 14:35:28 | 99         | Lluvioso  | Normal        | <a href="#">Ver</a> <a href="#">Eliminar</a> |
| 1              | 07/12/2022 14:31:06 | 99         | Lluvioso  | Normal        | <a href="#">Ver</a> <a href="#">Eliminar</a> |

*Nota.* Interfaces de administrador de la página Web del sistema Strong-Bee.

### Figura 105

*Perfil del apicultor.*

STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir

## Bienvenido al sistema Usuario

STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir

**Lista de Apiarios del Apicultor**

| Nombres        | Apellidos             | Fecha_Creación        | Ubicación | Numero_Colmenas | Acciones                                   |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------------|--|
| Luis Rigoberto | Pambaquishpe Ibadango | 8/15/2022 12:00:00 AM | Imbaya    | 1               | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Ver</a> |

STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir

**Lista de Colmenas**

| Ubicación | Fecha_Creación        | Modo     | Producción | Acciones                                   |
|-----------|-----------------------|----------|------------|--|
| Imbaya    | 8/15/2022 12:00:00 AM | Inactivo |            | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Ver</a> |

STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir

**Lista de Datos**

Buscar:  [Buscar](#)

Normal = 1  
Prevenición = 2  
Peligro = 3

| Codigo | Fecha_Hora           | Peso (Lbs) | Resultado | Recomendacion | Acciones            |
|--------|----------------------|------------|-----------|---------------|---------------------|
| 1      | 12/7/2022 2:39:51 PM | 99         | Lluvioso  | Normal        | <a href="#">Ver</a> |

*Nota. Interfaces de apicultor de la página Web del sistema Strong-Bee.*

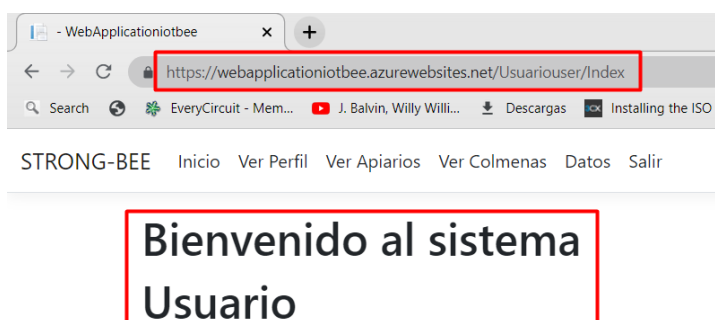
#### 4.4.2. Prueba de Sistema

##### 4.4.2.1. Mostrar la Información Almacenada al Apicultor.

Una vez en página Web, dentro del perfil de apicultor como muestra en la Figura 106, nos dirigimos a la ventana de datos y procedemos a observar un resumen de los datos más importantes obtenidos en la ejecución de la primera rutina, acompañado de una notificación del estado del ambiente dentro de la colmena, indicando que, durante la toma de datos en el periodo de ejecución de la primera rutina el ambiente dentro de la colmena estaba en un punto normal, precaución o crítico. El apicultor al observar la notificación o aviso como se expone en la Figura 107 dependiendo de los datos calculados en la segunda rutina, el apicultor consigue estar al pendiente del estado de salud de la colmena de forma remota

### Figura 106

*Página Web dentro del perfil de apicultor.*



*Nota.* Página web del sistema Strong-Bee Hospedad en el recurso de app Service y acceso al perfil de apicultor.

### Figura 107

*Notificación del estado de salud de la colmena.*

| Codigo | Fecha_Hora           | Peso (Lbs) | Resultado | Recomendacion | Acciones |
|--------|----------------------|------------|-----------|---------------|----------|
| 1      | 12/7/2022 2:39:51 PM | 99         | Lluvioso  | Normal        | Ver      |

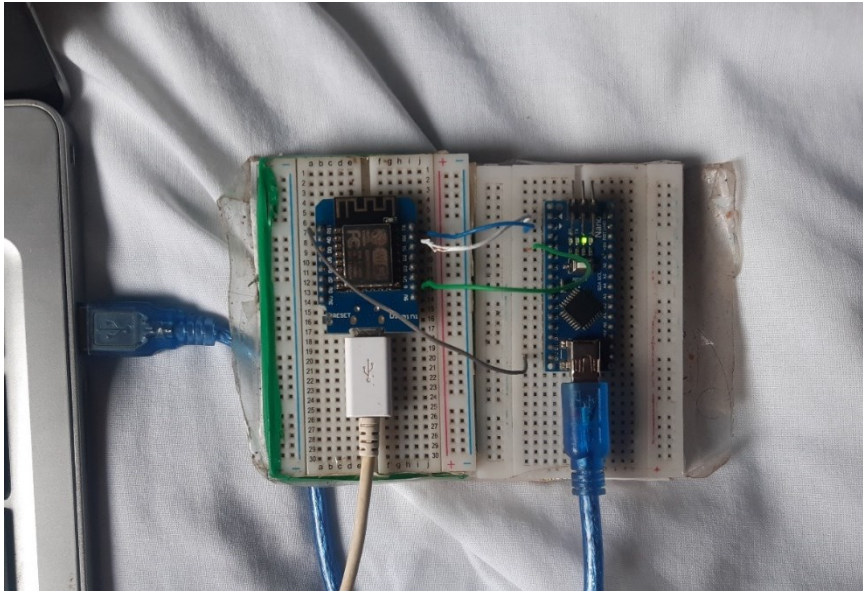
*Nota.* Notificación del sistema sobre el estado del ambiente al interior de la colmena.

#### 4.4.2.2. Comunicación Serial e Inalámbrica

En esta sección se pretende demostrar que los datos procesados en el módulo de procesamiento son correctamente enviados desde el módulo de procesamiento de datos a través de la comunicación serial hacia el módulo de comunicación, se conecta los pines **Tx – Rx** para el envío de los datos, y los pines **Rx – Tx** para la solicitud de reenvío de los datos como se observa en la Figura 108. Los módulos se encuentran alimentados por el puerto USB y el flujo de datos se observa mediante el monitor serial de Arduino. Mediante este ejercicio se puede validar la compatibilidad que existe entre el módulo de procesamiento y comunicación.

### Figura 108

*Comunicación serial entre módulos de procesamiento y comunicación.*



*Nota.* Comunicación serial entre módulo de procesamiento y módulo de comunicación.

Los datos son enviados desde módulo 2 hacia el módulo 3, a través de los pines Tx – Rx, se realiza una simulación, enviando datos al azar, únicamente para validar la comunicación serial entre los módulos 2 y 3, los datos a enviar como se observa en la Figura 109(a) son enviados desde el módulo de procesamiento de datos conectado en el COM7, al módulo de comunicación conectado en el COM5. El sistema se encuentra en Stand-By por lo cual, el módulo de procesamiento envía un estado bajo al módulo de comunicación para que este salga del modo Sleep, al despertar se conecta a un AP brindándole una dirección IP. Los datos son recibidos por el módulo de comunicación correctamente a través del Pin RX, se agrega a la cadena de datos recibidos, la hora y fecha actualizadas y el número de colmena al que pertenece los datos y son enviados a la plataforma de Azure Microsoft como se observa en la Figura 109(b).

### Figura 109

a) Cadena de datos recibidos a través de comunicación serial.

```

29
29 cadena="{ 't_ina' : 99 , 'h_ina' : 99 , 't_inb' : 99 , 'h_inb' : 99 , 't_ex' : 99 , 'h_ex' : 99 ,
29
300 Serial.println(cadena);

```



```
, 'pe' : 99 , 'id_rs' : 3 , 'id_rc' : 1 , 'id_e' : 1 , 't_inal' : 99 , 'h_inal' : 99 , 't_inb'
```

### b) Cadena de datos recibidos por el módulo de comunicación

```
COM7
Inicio del sistema
{'t_ina' : 99 , 'h_ina' : 99 , 't_inb' : 99 , 'h_inb' : 99 , 't_ex' : 99 , 'h_ex' : 99 , 'pe' : 99 , 'id_
{'t_ina' : 99 , 'h_ina' : 99 , 't_inb' : 99 , 'h_inb' : 99 , 't_ex' : 99 , 'h_ex' : 99 , 'pe' : 99 , 'id_
{'t_ina' : 99 , 'h_ina' : 99 , 't_inb' : 99 , 'h_inb' : 99 , 't_ex' : 99 , 'h_ex' : 99 , 'pe' : 99 , 'id_

COM5
WiFi connected
IP address: 192.168.0.130
POST /event-iot-bee/messages HTTP/1.1
Host: event-iot-bee.servicebus.windows.net
Authorization: SharedAccessSignature sr=https%3A2F2Fevent-iot-bee.servicebus.windows.net%2Fevent-iot-bee
Content-Type: application/atom+xml;type=entry;charset=utf-8
Content-Length: 538
{'t_ina' : 99 , 'h_ina' : 99 , 't_inb' : 99 , 'h_inb' : 99 , 't_ex' : 99 , 'h_ex' : 99 , 'pe' : 99 , 'id_
, 'fecha_hora' : '2022-12-07T14:31:06.491354' , 'cod' : 1 }
WiFi connected
IP address: 192.168.0.130
POST /event-iot-bee/messages HTTP/1.1
Host: event-iot-bee.servicebus.windows.net
Authorization: SharedAccessSignature sr=https%3A2F2Fevent-iot-bee.servicebus.windows.net%2Fevent-iot-bee
Content-Type: application/atom+xml;type=entry;charset=utf-8
Content-Length: 538
{'t_ina' : 99 , 'h_ina' : 99 , 't_inb' : 99 , 'h_inb' : 99 , 't_ex' : 99 , 'h_ex' : 99 , 'pe' : 99 , 'id_
, 'fecha_hora' : '2022-12-07T14:35:28.805195' , 'cod' : 1 }
```

*Nota.* La Figura (a) muestra los datos de prueba a enviar a través del pin TX al módulo de comunicación. La Figura (b) módulo de comunicación despierta, establece comunicación con el AP y arregla la cadena de datos para enviárselos a la plataforma.

Se procede a realizar una simulación para verificar el reenvío de datos en el caso que el módulo de comunicación no reciba correctamente los datos, o el módulo de comunicación no pueda establecer comunicación con el AP, para lo cual se utilizó el mismo circuito de la Figura 110, para lo cual apagamos el AP con anterioridad para simular la pérdida de conexión a internet, El módulo 2 envía los datos, el módulo 3 sale del modo sleep pero no puede conectarse al AP, por lo cual, solicita un reenvío de datos al módulo 2, enviando el carácter **1** desde el módulo de comunicación al módulo de procesamiento y el módulo espera el tiempo adecuado para reenviar los datos, en esta ocasión se recibió los datos con éxito y realizó correctamente el envío de los datos a la plataforma como se muestra en la Figura 110.

### Figura 110

*Solicitud de reenvío de datos.*







*Nota.* Datos tomados por el sensor externo colocado en la colmena, validando datos con termohigrómetro.

Mediante la Figura 112 se puede observar que los datos obtenidos a través del sistema Strong-Bee son visualizados por el monitor serial, son semejantes a los tomados por el termohigrómetro. Por lo cual se puede verificar su correcto funcionamiento.

### **Figura 112**

*Datos del sistema Strong-Bee visualizados a través del monitor serial.*

|                    |                        |                    |
|--------------------|------------------------|--------------------|
| Humidity B: 80.20% | Temperature E: 23.20°C | Humidity E: 54.40% |
| Humidity B: 80.80% | Temperature E: 23.30°C | Humidity E: 54.80% |
| Humidity B: 81.00% | Temperature E: 23.30°C | Humidity E: 54.90% |
| Humidity B: 80.70% | Temperature E: 23.30°C | Humidity E: 54.50% |
| Humidity B: 80.70% | Temperature E: 23.40°C | Humidity E: 54.80% |
| Humidity B: 81.90% | Temperature E: 23.40°C | Humidity E: 54.70% |
| Humidity B: 84.00% | Temperature E: 23.40°C | Humidity E: 54.20% |
| Humidity B: 84.40% | Temperature E: 23.40°C | Humidity E: 54.50% |
| Humidity B: 84.60% | Temperature E: 23.40°C | Humidity E: 54.50% |
| Humidity B: 85.40% | Temperature E: 23.40°C | Humidity E: 54.40% |
| Humidity B: 87.00% | Temperature E: 23.50°C | Humidity E: 54.70% |
| Humidity B: 86.60% | Temperature E: 23.50°C | Humidity E: 54.80% |
| Humidity B: 87.00% | Temperature E: 23.50°C | Humidity E: 54.40% |
| Humidity B: 87.40% | Temperature E: 23.50°C | Humidity E: 54.40% |
| Humidity B: 87.90% | Temperature E: 23.50°C | Humidity E: 54.50% |
| Humidity B: 87.80% | Temperature E: 23.60°C | Humidity E: 54.40% |
| Humidity B: 88.60% | Temperature E: 23.60°C | Humidity E: 54.50% |
| Humidity B: 88.90% | Temperature E: 23.60°C | Humidity E: 54.40% |
| Humidity B: 89.40% | Temperature E: 23.70°C | Humidity E: 54.70% |
| Humidity B: 89.40% | Temperature E: 23.60°C | Humidity E: 55.00% |
| Humidity B: 90.10% | Temperature E: 23.70°C | Humidity E: 54.70% |
| Humidity B: 91.20% | Temperature E: 23.70°C | Humidity E: 54.50% |
| Humidity B: 91.10% | Temperature E: 23.70°C | Humidity E: 54.50% |
| Humidity B: 89.40% | Temperature E: 23.80°C | Humidity E: 54.80% |
| Humidity B: 88.60% | Temperature E: 23.80°C | Humidity E: 54.80% |
| Humidity B: 88.30% | Temperature E: 23.70°C | Humidity E: 54.80% |
| Humidity B: 87.30% | Temperature E: 23.80°C | Humidity E: 54.80% |

*Nota.* Datos obtenidos mediante monitor serial, semejante al tomado por el termohigrómetro.

#### 4.4.3.2. *El Sistema debe Medir el Peso de la Colmena.*

Para realizar la validación del pesaje del sistema, se debe asegurar que los conectores procedentes de los sensores colocados en las 4 esquinas de la parte inferior de la base o soporte de la colmena como se muestra en indica en la Figura 113, y los cables están correctamente organizados para ser conectaos adecuadamente al módulo de procesamiento como se muestra en la Figura 114, esto se debe a que, al movilizar la colmena de un apiario a otro, la base o soporte se separa de la caja. Por lo tanto, es importante colocar la caja al soporte y conectar adecuadamente los conectores correspondientes.

### Figura 113

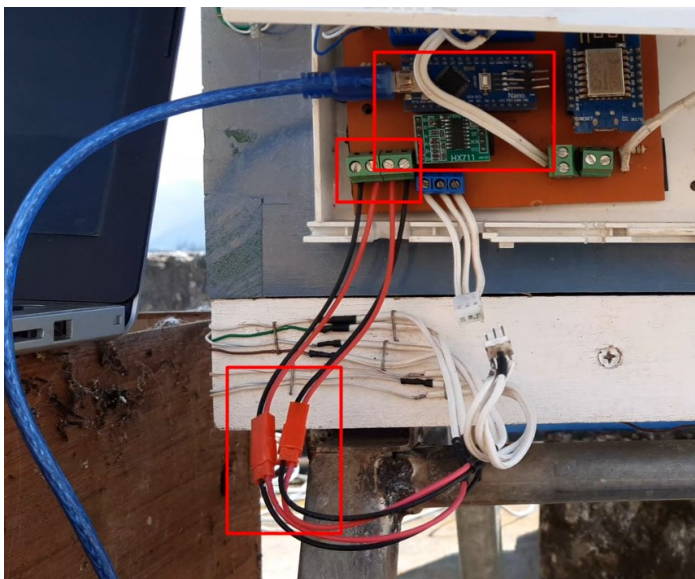
*Sensores colocados en la parte inferior de la base o soporte.*



*Nota.* Celdas de carga colocadas en las 4 esquinas de la colmena, conectadas a placa principal para realizar el pesaje de la colmena.

### Figura 114

*Conectores permiten unir celdas de peso con el módulo de procesamiento.*



*Nota.* Conectores de las celdas de carga, permite la comunicación entre celdas de carga y módulo de procesamiento a través del módulo HX711.

En la Figura 115 se enseña el peso en libras correspondiente al inicio del pesaje de la colmena, el peso se setea en cero, esperando a recibir un peso en la colmena para mostrar su peso en libras.

### Figura 115

*Datos al encender el sistema.*

|                         |      |
|-------------------------|------|
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.03 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.04 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.04 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.03 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.03 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.03 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.04 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.06 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.05 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.03 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: 0.00 Kg  | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: 0.04 Kg  | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: 0.03 Kg  | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.01 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.01 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: 0.00 Kg  | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: 0.00 Kg  | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.10 Kg | 0 lb |
| [HX7] Leyendo: -0.02 Kg | 0 lb |

*Nota.* Sistema setea las celdas de carga, para proceder con el pesaje.

En este momento se ejerce una fuerza de presión para simular el aumento de peso en la colmena, por lo cual, la Figura 116(a) manifiesta la presión a la colmena y en la Figura 116(b) se observa como el peso aumenta gradualmente mientras ejerce presión en la colmena, mediante eso se puede demostrar la prueba de validación del pesaje de la colmena

### Figura 116

*a) Presión en parte superior de la colmena.*





b) Incremento gradual del peso en los datos mediante monitor serial.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| [HX7] Leyendo: 0.30 Kg  | 0 lb  |
| [HX7] Leyendo: 0.27 Kg  | 0 lb  |
| [HX7] Leyendo: 0.25 Kg  | 0 lb  |
| [HX7] Leyendo: 0.23 Kg  | 0 lb  |
| [HX7] Leyendo: 0.25 Kg  | 0 lb  |
| [HX7] Leyendo: 0.31 Kg  | 0 lb  |
| [HX7] Leyendo: 0.37 Kg  | 0 lb  |
| [HX7] Leyendo: 0.76 Kg  | 1 lb  |
| [HX7] Leyendo: 2.29 Kg  | 5 lb  |
| [HX7] Leyendo: 6.98 Kg  | 15 lb |
| [HX7] Leyendo: 14.71 Kg | 32 lb |
| [HX7] Leyendo: 21.77 Kg | 47 lb |
| [HX7] Leyendo: 26.83 Kg | 59 lb |
| [HX7] Leyendo: 31.00 Kg | 68 lb |
| [HX7] Leyendo: 34.96 Kg | 76 lb |
| [HX7] Leyendo: 38.74 Kg | 85 lb |
| [HX7] Leyendo: 42.01 Kg | 92 lb |
| [HX7] Leyendo: 43.83 Kg | 96 lb |
| [HX7] Leyendo: 43.77 Kg | 96 lb |
| [HX7] Leyendo: 42.01 Kg | 92 lb |

(a)

(b)

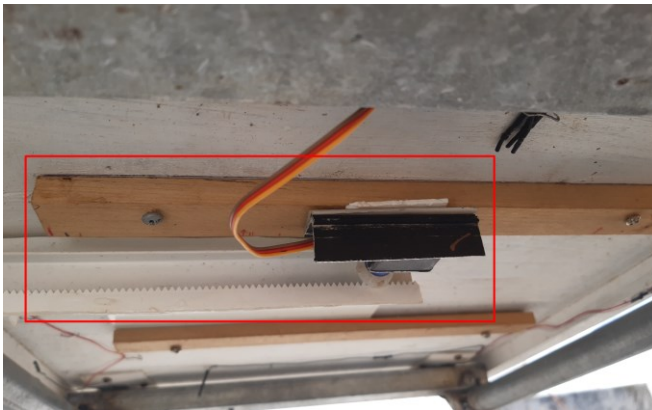
Nota. Figura (a) realiza una presión en la colmena, simulando que la colmena tiende a aumentar en peso. La Figura (b) muestra a través del monitor serial el dato de peso al ejercer la presión en la colmena.

#### 4.4.3.3. *Activar Mecanismo de Ventilación en la Colmena*

El mecanismo de ventilación funciona a través de un Servomotor, el cual está colocado en el inferior de la base o soporte de la colmena como se verifica en la Figura 117, el cual se activa mediante los datos críticos de la primera rutina.

#### **Figura 117**

*Servomotor en la parte inferior de la base o soporte de la colmena.*

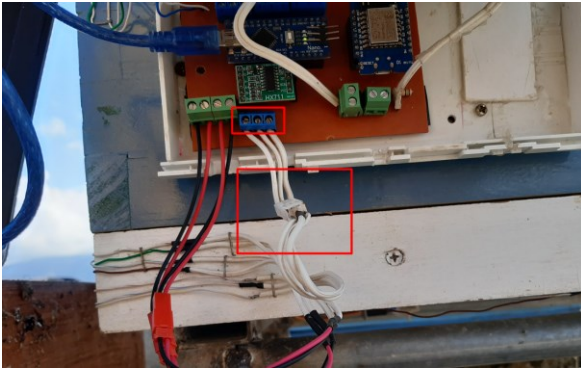


*Nota.* Mecanismo de ventilación mediante el uso de un servomotor y compuerta.

Para el funcionamiento del mecanismo de ventilación los cables de alimentación eléctrica y cable de datos son conectados a través de los conectores especiales al módulo de procesamiento de datos como se verifica en la Figura 118. Mediante el cable de datos se envían pulsos PWM desde el módulo de procesamiento al mecanismo de ventilación para la ejecución del mismo.

#### **Figura 118**

*Conectar el mecanismo de ventilación al módulo de procesamiento.*



*Nota.* Conectar adecuadamente el mecanismo de ventilación a la placa central para el envío de pulso PWM al servomotor.

Ahora el mecanismo de ventilación realiza una acción dependiendo de los datos de temperatura y humedad tomados por el sensor interno. Si el dato de temperatura es menor a 36 °C y humedad mayor 59% , el mecanismo de ventilación debe estar cerrado como se observa en la Figura 119(a), por otro lado, si el dato de la temperatura es mayor 35 °C y la humedad es menor a 60% el mecanismo realiza la acción de semi-abrir el mecanismo como se muestra en la Figura 119(b), por último , si la temperatura supera los 38 °C y la humedad es menor a 59% el mecanismo de ventilación se abre totalmente como se demuestra en la Figura 119(c) para permitir mayor ventilación al interior de la colmena, brindando un apoyo positivo al ambiente interno de la colmena.

### **Figura 119**

*a) Mecanismo de ventilación cerrado.*





*b) Mecanismo de ventilación semi-abierto.*



*c) Mecanismo de ventilación abierto.*



*Nota.* Figura (a) muestra el nivel 1 del mecanismo una vez obtenidos los datos. Figura (b) muestra el nivel 2 del mecanismo ante datos críticos. Figura (c) indica el nivel 3 ante elevados datos críticos.

#### **4.4.3.4. Credenciales para Ingresar a la Aplicación Web.**

Se ingresa a la página Web mediante la dirección <https://webapplicationiotbee.azurewebsites.net>, cual lleva a la página principal, en la cual solicita el ingreso de las credenciales para el ingreso al perfil de administrador o apicultor, dependiente de las credenciales almacenadas en la base de datos como se observa en la Figura 120

**Figura 120**

*Credenciales almacenadas en la base de datos.*

**Ingrese Credenciales**

|   | id_usuario | nombres        | apellidos             | usuario | password | id_tipouser |
|---|------------|----------------|-----------------------|---------|----------|-------------|
| 1 | 3          | Luis Rigoberto | Pambaquishpe Ibadango | abeja   | abeja    | 1           |
| 2 | 4          | Luis Alexander | Lima Pambaquishpe     | alex    | 123..    | 2           |

*Nota.* Login principal de la página Web del sistema Strong-Bee, y credenciales para ingresar al sistema.

Se ingresa las credenciales correspondientes, se autentica y redirige directamente al perfil correspondientes a las credenciales ingresadas. A continuación, se observa en la Figura 121(a) el perfil de administrador y Figura 121(b) el perfil del apicultor.

**Figura 121**

*a) Perfil de administrador.*

STRONG-BEE Inicio Clientes Apiarios Colmenas Datos de colmena Salir

**Bienvenido al sistema  
Administrador**

*b) Perfil de apicultor.*

STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir

**Bienvenido al sistema  
Usuario**

*Nota.* Figura (a) perfil administrador de la página Web del sistema Strong-Bee, Figura (b) perfil de apicultor de la página Web del sistema Strong-Bee

#### **4.5. Pruebas de Funcionamiento**

En esta sección se implementa al sistema Strong-Bee en un ambiente real, la implementación consta de dos etapas. La primera etapa aborda la toma de datos a través de los sensores de temperatura y humedad que se encuentran ubicados en el interior y exterior de la colmena, en esta etapa el mecanismo de ventilación se encuentra deshabilitado, por lo cual, se verificará los niveles de temperatura y humedad tomados durante los 10 días por los sensores y se verificara los picos altos y bajos que tienen a afectar la salud de la colmena. En la segunda etapa el mecanismo de ventilación estará habilitado, activándose cuando los niveles de temperatura y humedad estén en puntos críticos y requiera el uso del mismo, durante 10 días. Los datos tomados tanto en la etapa 1 y 2 son recopilados y enviados hacia la nube para su correspondiente almacenamiento, la información será mostrada al apicultor a través de una página web. El apicultor podrá conocer el estado de la colmena, si se encuentra en niveles críticos que afecten el desarrollo de la colmena.

Los resultados obtenidos permitirán conocer cómo se encuentra el habitat al interior de la colmena de abejas, y con la ayuda de un mecanismo de ventilación que permita reducir en su mayoría el estrés generado por el ambiente. Es importante recalcar que el sistema Strong-Bee no controla el ambiente fuera de la colmena, el sistema es una herramienta que ayuda al apicultor a monitorear de forma remota la colmena a través de la toma de datos, el mecanismo de ventilación se activa de acuerdo a los puntos críticos del clima para precautelar la salud de la colmena.

##### ***4.5.1. Decisión del Tiempo para la Toma de Datos en Cada Ciclo.***

Con los datos obtenidos en el transcurso de 5 días de ejecución del sistema se pudo establecer aspectos importantes para el desarrollo y mejora del mismo, la toma de datos inicio la fecha 2022 - 08 - 11 y 01: 00 horas y termino la fecha 2022 – 08 -15 y 24:00 horas, y fueron

almacenadas en la base de datos “BDbeiot” en la tabla “Dato”. La prueba de funcionamiento sirvió para establecer el periodo óptimo de toma de datos de la primera rutina.

Mediante el dialogo con el apicultor, se mencionó que no le interesaría observar gran cantidad de datos del sistema, por lo cual, a mi primera instancia se planteó realizar una toma de datos cada dos horas. Pero luego de un análisis se planteó programar la toma de datos, la ejecución de cada ciclo en 1 hora, en la Figura 122 se muestra los datos obtenidos en esta actividad.

**Figura 122**

*Datos tomados durante 5 días.*

| fecha hora        | t  | ina | t  | inb | t  | ex | h  | ina | h  | inb | h  | ex | t  | ina1 | t  | ina2 | t  | ina3 | t  | inb1 | t  | inb2 | t  | inb3 | t  | ex1 | t | ex2 | t  | ex3 | h  | ina1 | h  | ina2 | h  | ina3 | h | inb1 | h | inb2 | h | inb3 | h | ex1 | h | ex2 | h | ex3 |
|-------------------|----|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|-----|---|-----|----|-----|----|------|----|------|----|------|---|------|---|------|---|------|---|-----|---|-----|---|-----|
| 2022-08-11 03:00: | 9  | 9   | 9  | 70  | 72 | 87 | 12 | 9   | 7  | 12  | 9  | 7  | 12 | 9    | 7  | 12   | 9  | 7    | 12 | 9    | 7  | 12   | 9  | 7    | 12 | 9   | 7 | 71  | 69 | 70  | 73 | 72   | 73 | 76   | 91 | 95   |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-11 06:00: | 6  | 6   | 6  | 69  | 74 | 98 | 7  | 6   | 6  | 6   | 6  | 6  | 7  | 7    | 6  | 69   | 69 | 69   | 73 | 74   | 75 | 97   | 99 | 99   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-11 09:00: | 9  | 10  | 12 | 73  | 74 | 72 | 6  | 9   | 13 | 6   | 9  | 15 | 7  | 14   | 17 | 69   | 73 | 79   | 74 | 74   | 75 | 99   | 66 | 51   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-11 12:00: | 20 | 22  | 22 | 73  | 68 | 37 | 18 | 21  | 22 | 21  | 23 | 23 | 21 | 23   | 23 | 82   | 80 | 58   | 71 | 73   | 60 | 43   | 39 | 30   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-11 15:00: | 20 | 20  | 19 | 53  | 58 | 36 | 21 | 20  | 20 | 21  | 20 | 20 | 20 | 19   | 19 | 53   | 54 | 52   | 57 | 60   | 59 | 34   | 37 | 38   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-11 18:00: | 18 | 17  | 17 | 55  | 60 | 45 | 20 | 18  | 16 | 19  | 18 | 16 | 19 | 18   | 16 | 53   | 56 | 58   | 59 | 60   | 62 | 40   | 42 | 55   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-11 21:00: | 13 | 13  | 13 | 59  | 64 | 84 | 14 | 13  | 12 | 14  | 13 | 12 | 14 | 13   | 12 | 58   | 59 | 60   | 63 | 64   | 65 | 75   | 86 | 91   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-11 00:00: | 10 | 10  | 11 | 61  | 66 | 97 | 11 | 10  | 10 | 11  | 10 | 10 | 11 | 11   | 11 | 62   | 61 | 62   | 67 | 66   | 67 | 95   | 97 | 99   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-12 03:00: | 9  | 9   | 10 | 63  | 68 | 94 | 9  | 9   | 10 | 9   | 9  | 10 | 10 | 10   | 10 | 63   | 63 | 63   | 68 | 68   | 68 | 93   | 94 | 96   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-12 06:00: | 8  | 7   | 8  | 64  | 70 | 99 | 9  | 8   | 7  | 9   | 8  | 6  | 9  | 8    | 7  | 63   | 65 | 66   | 69 | 71   | 71 | 99   | 99 | 99   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-12 09:00: | 12 | 11  | 15 | 64  | 72 | 65 | 6  | 14  | 17 | 6   | 12 | 17 | 7  | 18   | 22 | 65   | 61 | 68   | 71 | 73   | 72 | 98   | 55 | 43   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-12 12:00: | 21 | 23  | 23 | 73  | 68 | 36 | 18 | 21  | 24 | 20  | 24 | 26 | 21 | 24   | 26 | 74   | 73 | 73   | 71 | 67   | 68 | 45   | 37 | 28   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-12 15:00: | 24 | 23  | 23 | 55  | 61 | 27 | 26 | 24  | 23 | 26  | 23 | 21 | 25 | 23   | 21 | 66   | 55 | 46   | 65 | 62   | 58 | 25   | 28 | 30   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-12 18:00: | 20 | 18  | 18 | 48  | 57 | 42 | 21 | 21  | 18 | 20  | 18 | 17 | 19 | 18   | 17 | 45   | 47 | 52   | 55 | 58   | 60 | 31   | 43 | 54   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-12 21:00: | 12 | 12  | 12 | 55  | 62 | 86 | 14 | 12  | 11 | 14  | 12 | 11 | 14 | 13   | 11 | 55   | 55 | 56   | 61 | 62   | 64 | 75   | 90 | 95   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-12 00:00: | 10 | 9   | 10 | 57  | 63 | 94 | 11 | 10  | 9  | 11  | 10 | 8  | 11 | 10   | 9  | 58   | 58 | 57   | 64 | 63   | 64 | 99   | 99 | 86   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-13 03:00: | 5  | 5   | 5  | 60  | 67 | 94 | 7  | 5   | 4  | 7   | 5  | 4  | 7  | 5    | 4  | 59   | 60 | 61   | 66 | 67   | 70 | 92   | 97 | 93   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-13 06:00: | 2  | 2   | 3  | 61  | 67 | 95 | 3  | 3   | 2  | 3   | 2  | 2  | 4  | 3    | 3  | 60   | 62 | 61   | 68 | 68   | 67 | 95   | 95 | 96   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-13 09:00: | 13 | 11  | 16 | 56  | 68 | 44 | 5  | 16  | 20 | 3   | 12 | 19 | 9  | 19   | 22 | 59   | 53 | 57   | 67 | 70   | 68 | 68   | 34 | 31   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-13 12:00: | 22 | 24  | 25 | 66  | 63 | 26 | 20 | 22  | 24 | 23  | 25 | 26 | 23 | 25   | 27 | 67   | 64 | 67   | 66 | 60   | 64 | 28   | 26 | 24   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-13 15:00: | 23 | 22  | 22 | 55  | 58 | 35 | 25 | 24  | 22 | 25  | 23 | 20 | 25 | 22   | 20 | 62   | 53 | 51   | 59 | 58   | 59 | 28   | 36 | 43   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-13 18:00: | 18 | 16  | 16 | 55  | 63 | 61 | 20 | 18  | 16 | 18  | 17 | 15 | 18 | 16   | 15 | 52   | 55 | 58   | 61 | 64   | 65 | 51   | 61 | 73   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-13 21:00: | 12 | 12  | 12 | 60  | 65 | 92 | 13 | 12  | 12 | 13  | 12 | 12 | 13 | 13   | 12 | 60   | 60 | 60   | 64 | 65   | 66 | 87   | 93 | 98   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-13 00:00: | 11 | 11  | 11 | 61  | 67 | 99 | 11 | 11  | 11 | 11  | 11 | 11 | 12 | 11   | 11 | 61   | 61 | 63   | 66 | 67   | 68 | 99   | 99 | 99   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-14 03:00: | 9  | 9   | 10 | 62  | 68 | 99 | 10 | 10  | 9  | 10  | 10 | 9  | 11 | 10   | 9  | 63   | 62 | 62   | 68 | 69   | 69 | 99   | 99 | 99   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-14 06:00: | 8  | 8   | 8  | 64  | 71 | 99 | 8  | 8   | 8  | 8   | 8  | 8  | 9  | 8    | 8  | 65   | 64 | 64   | 71 | 71   | 71 | 99   | 99 | 99   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-14 09:00: | 10 | 10  | 12 | 64  | 70 | 85 | 8  | 9   | 15 | 8   | 9  | 14 | 9  | 10   | 17 | 64   | 64 | 66   | 70 | 70   | 71 | 99   | 99 | 59   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-14 12:00: | 22 | 25  | 24 | 69  | 65 | 36 | 20 | 23  | 24 | 23  | 26 | 26 | 22 | 27   | 25 | 72   | 69 | 68   | 66 | 65   | 65 | 43   | 34 | 32   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-14 15:00: | 25 | 25  | 24 | 59  | 60 | 33 | 25 | 26  | 24 | 26  | 25 | 24 | 26 | 26   | 22 | 64   | 56 | 57   | 64 | 58   | 60 | 29   | 29 | 41   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-14 18:00: | 17 | 17  | 17 | 60  | 63 | 66 | 20 | 17  | 14 | 21  | 17 | 14 | 20 | 17   | 14 | 58   | 60 | 62   | 60 | 63   | 67 | 48   | 64 | 86   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-14 21:00: | 12 | 12  | 12 | 62  | 66 | 93 | 13 | 12  | 11 | 13  | 12 | 12 | 13 | 13   | 12 | 62   | 62 | 62   | 65 | 66   | 67 | 91   | 95 | 95   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-14 00:00: | 10 | 10  | 11 | 63  | 67 | 99 | 11 | 11  | 10 | 11  | 11 | 10 | 11 | 11   | 11 | 63   | 63 | 63   | 67 | 67   | 68 | 99   | 99 | 99   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-15 03:00: | 9  | 9   | 10 | 63  | 68 | 99 | 10 | 10  | 9  | 10  | 9  | 9  | 10 | 10   | 10 | 63   | 63 | 64   | 67 | 68   | 70 | 99   | 99 | 99   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-15 06:00: | 9  | 8   | 9  | 64  | 70 | 99 | 9  | 9   | 9  | 9   | 9  | 8  | 10 | 10   | 9  | 64   | 63 | 67   | 69 | 69   | 72 | 99   | 99 | 99   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-15 09:00: | 9  | 9   | 10 | 67  | 72 | 95 | 8  | 9   | 11 | 8   | 9  | 11 | 9  | 10   | 12 | 67   | 67 | 69   | 72 | 72   | 72 | 99   | 99 | 88   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-15 12:00: | 17 | 18  | 19 | 70  | 70 | 50 | 16 | 17  | 19 | 17  | 18 | 20 | 18 | 18   | 21 | 72   | 70 | 69   | 71 | 71   | 69 | 55   | 54 | 43   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-15 15:00: | 21 | 21  | 22 | 61  | 64 | 37 | 22 | 21  | 22 | 21  | 22 | 20 | 24 | 23   | 19 | 70   | 62 | 53   | 70 | 62   | 60 | 37   | 35 | 39   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-15 18:00: | 18 | 17  | 17 | 57  | 63 | 60 | 19 | 18  | 17 | 19  | 18 | 16 | 19 | 17   | 16 | 55   | 59 | 59   | 60 | 63   | 66 | 44   | 61 | 76   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-15 21:00: | 12 | 12  | 13 | 60  | 65 | 92 | 13 | 12  | 12 | 13  | 12 | 12 | 14 | 13   | 12 | 61   | 60 | 60   | 65 | 65   | 66 | 86   | 92 | 98   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |
| 2022-08-15 00:00: | 10 | 11  | 11 | 63  | 69 | 99 | 11 | 11  | 10 | 11  | 11 | 11 | 11 | 11   | 11 | 61   | 63 | 65   | 67 | 69   | 71 | 99   | 99 | 99   |    |     |   |     |    |     |    |      |    |      |    |      |   |      |   |      |   |      |   |     |   |     |   |     |

*Nota.* Datos almacenados en la base de datos del sistema durante 5 días consecutivos.

#### **4.5.1.1.1. Conclusión.**

Con los datos adquiridos durante 5 días continuos, se logró comprender que es importante que el periodo entre cada ciclo de la toma de datos de la primera rutina sea lo más reducido posible, porque al tomar datos cada 2 horas, se observa a gran variación del estado clima y esto es contraproducente para el correcto funcionamiento del mecanismo de ventilación, debido a que el sistema es un apoyo para optimizar el habitat de la colmena de manera inmediata al existir un estado crítico en la misma, esto se puede corroborar en la Figura 122, el cual muestra datos tomados cada hora y se puede observar que los cambios de temperatura y humedad entre una hora y otra pueden variar hasta 3 grados centígrados, en las horas que existe un aumento de calor. Por lo tanto, la toma de datos cada dos horas no es ideal para el desarrollo del proyecto. La toma de datos se ejecutará cada hora, de esta manera se trata de satisfacer las necesidades del apicultor, el cual no requiere envío excesivos de datos, y las necesidades del sistema el cual es importante precautelar la duración de vida de la batería.

#### **4.5.2. Toma de Datos de la Implementación del Sistema Strong-Bee de la Etapa 1.**

En el siguiente apartado, se analiza la información almacenada durante 10 días de la implementación del sistema Strong-Bee de la etapa 1. En la Tabla 22 se puede observar la información tomada durante 3 días consecutivos, dado que los días restantes se obtuvieron datos semejantes, se optó por mostrar únicamente datos de 3 días, los datos expuestos fueron tomados en cada ciclo de la primera rutina, cada ciclo se ejecuta cada hora aproximadamente. En la Tabla 22 se puede observar los datos críticos marcados con un recuadro de color gris, los puntos críticos son perjudiciales para el desarrollo y crecimiento de la población de abejas. Esto sucede porque al existir un exceso de temperatura dentro de la colmena, las abejas realizan un movimiento peculiar con sus alas en forma de abanico para mitigar el exceso de temperatura, esto movimiento conlleva a un consumo extra de energía de las abejas a su consumo diario, lo cual provoca estrés para las misma, teniendo como efecto la

reducción de la longevidad de las abejas, por consecuente muriendo y reduciendo la población de la misma.

Los datos marcados indican que al interior de la colmena la temperatura es muy alta y la humedad relativa muy baja, lo cual el ambiente existente no es adecuado para el desarrollo y producción de las abejas, con estos datos se puede establecer los rangos para la activación del mecanismo.

**Tabla 22**

*Datos de temperatura y humedad de implementación del sistema Strong-Bee , etapa 1.*

| fecha_hora                     | Ciclo 1               |                       |                      | Ciclo 2               |                       |                      | Ciclo 3               |                       |                      | Ciclo 1               |                       |                      | Ciclo 2               |                       |                      | Ciclo 3               |                       |                      |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
|                                | t <sub>in</sub><br>a1 | t <sub>in</sub><br>b1 | t <sub>e</sub><br>x1 | t <sub>in</sub><br>a2 | t <sub>in</sub><br>b2 | t <sub>e</sub><br>x2 | t <sub>in</sub><br>a3 | t <sub>in</sub><br>b3 | t <sub>e</sub><br>x3 | h <sub>in</sub><br>a1 | h <sub>in</sub><br>b1 | h <sub>e</sub><br>x1 | h <sub>in</sub><br>a2 | h <sub>in</sub><br>b2 | h <sub>e</sub><br>x2 | h <sub>in</sub><br>a3 | h <sub>in</sub><br>b3 | h <sub>e</sub><br>x3 |
| 2022-11-02<br>00:01:38.3930000 | 21                    | 23                    | 20                   | 20                    | 22                    | 18                   | 20                    | 22                    | 18                   | 89                    | 96                    | 76                   | 89                    | 96                    | 85                   | 89                    | 96                    | 85                   |
| 2022-11-02<br>03:01:51.6100000 | 20                    | 21                    | 17                   | 19                    | 21                    | 18                   | 19                    | 21                    | 18                   | 89                    | 96                    | 85                   | 89                    | 96                    | 85                   | 89                    | 96                    | 84                   |
| 2022-11-02<br>06:02:06.1700000 | 20                    | 21                    | 18                   | 20                    | 21                    | 18                   | 20                    | 21                    | 19                   | 89                    | 96                    | 85                   | 89                    | 96                    | 85                   | 89                    | 96                    | 81                   |
| 2022-11-02<br>09:02:39.9000000 | 21                    | 21                    | 18                   | 23                    | 23                    | 21                   | 25                    | 25                    | 22                   | 89                    | 96                    | 82                   | 89                    | 96                    | 72                   | 89                    | 96                    | 67                   |
| 2022-11-02<br>12:03:44.0400000 | 28                    | 29                    | 24                   | 30                    | 34                    | 27                   | 31                    | 35                    | 28                   | 89                    | 94                    | 56                   | 89                    | 77                    | 45                   | 89                    | 70                    | 38                   |
| 2022-11-02<br>15:05:07.1330000 | 32                    | 41                    | 29                   | 28                    | 38                    | 25                   | 25                    | 31                    | 23                   | 54                    | 55                    | 37                   | 55                    | 46                    | 50                   | 70                    | 61                    | 59                   |
| 2022-11-02<br>18:05:16.9770000 | 23                    | 26                    | 20                   | 21                    | 24                    | 18                   | 19                    | 22                    | 18                   | 76                    | 60                    | 71                   | 77                    | 61                    | 85                   | 81                    | 65                    | 85                   |
| 2022-11-02<br>21:05:43.6470000 | 21                    | 23                    | 20                   | 20                    | 22                    | 18                   | 19                    | 21                    | 18                   | 89                    | 96                    | 75                   | 89                    | 94                    | 85                   | 87                    | 96                    | 85                   |
| 2022-11-03<br>00:06:00.0070000 | 19                    | 22                    | 19                   | 19                    | 21                    | 19                   | 20                    | 21                    | 19                   | 89                    | 96                    | 81                   | 89                    | 96                    | 74                   | 89                    | 96                    | 74                   |
| 2022-11-03<br>03:06:28.7500000 | 20                    | 21                    | 20                   | 20                    | 21                    | 20                   | 20                    | 21                    | 19                   | 89                    | 96                    | 74                   | 89                    | 96                    | 72                   | 89                    | 96                    | 76                   |
| 2022-11-03<br>06:06:43.2170000 | 20                    | 21                    | 20                   | 20                    | 21                    | 19                   | 21                    | 20                    | 19                   | 89                    | 96                    | 71                   | 89                    | 96                    | 71                   | 89                    | 96                    | 74                   |
| 2022-11-03<br>09:07:16.0170000 | 20                    | 21                    | 19                   | 22                    | 23                    | 21                   | 26                    | 27                    | 23                   | 89                    | 96                    | 74                   | 84                    | 96                    | 66                   | 76                    | 87                    | 57                   |
| 2022-11-03<br>12:07:06.0100000 | 27                    | 31                    | 25                   | 29                    | 35                    | 27                   | 28                    | 37                    | 27                   | 59                    | 77                    | 50                   | 53                    | 64                    | 39                   | 50                    | 55                    | 40                   |
| 2022-11-03<br>15:06:08.0700000 | 29                    | 40                    | 27                   | 27                    | 39                    | 26                   | 30                    | 29                    | 21                   | 48                    | 45                    | 40                   | 56                    | 35                    | 44                   | 45                    | 48                    | 62                   |
| 2022-11-03<br>18:09:46.2370000 | 23                    | 29                    | 23                   | 22                    | 26                    | 20                   | 20                    | 23                    | 18                   | 68                    | 53                    | 59                   | 71                    | 49                    | 73                   | 87                    | 59                    | 84                   |
| 2022-11-03<br>21:10:06.0930000 | 19                    | 22                    | 18                   | 19                    | 22                    | 18                   | 19                    | 21                    | 18                   | 85                    | 95                    | 85                   | 84                    | 90                    | 85                   | 89                    | 82                    | 85                   |
| 2022-11-04<br>00:09:43.4570000 | 19                    | 21                    | 17                   | 19                    | 21                    | 17                   | 19                    | 21                    | 17                   | 89                    | 96                    | 85                   | 89                    | 86                    | 85                   | 89                    | 96                    | 85                   |
| 2022-11-04<br>03:09:30.3100000 | 19                    | 21                    | 17                   | 19                    | 20                    | 17                   | 18                    | 20                    | 16                   | 89                    | 96                    | 85                   | 89                    | 96                    | 85                   | 89                    | 96                    | 85                   |
| 2022-11-04<br>06:09:02.7500000 | 17                    | 20                    | 16                   | 17                    | 20                    | 17                   | 17                    | 19                    | 16                   | 89                    | 96                    | 85                   | 89                    | 96                    | 85                   | 89                    | 91                    | 85                   |
| 2022-11-04<br>09:08:57.1630000 | 20                    | 20                    | 18                   | 22                    | 22                    | 19                   | 25                    | 27                    | 23                   | 89                    | 87                    | 82                   | 89                    | 85                    | 76                   | 83                    | 89                    | 61                   |
| 2022-11-04<br>12:08:52.0830000 | 27                    | 30                    | 24                   | 28                    | 36                    | 28                   | 32                    | 36                    | 26                   | 57                    | 76                    | 49                   | 55                    | 66                    | 40                   | 51                    | 56                    | 39                   |
| 2022-11-04<br>15:08:37.0530000 | 30                    | 39                    | 26                   | 30                    | 40                    | 28                   | 36                    | 30                    | 20                   | 46                    | 44                    | 39                   | 57                    | 36                    | 45                   | 43                    | 46                    | 63                   |

En este apartado se calcula el promedio de los datos tomados de los sensores de temperatura y humedad de la primera rutina. El promedio se obtiene al finalizar la rutina 1 e iniciar la rutina 2 y posterior a este proceso, se genera una cadena con todos los datos tomados, los cuales son almacenados en la base de datos de la plataforma. En la Tabla 23 se logra apreciar el resultado del cálculo de promedios de la ejecución de toda la primera rutina.

**Tabla 23**

*Promedios de la rutina 2 de temperatura y humedad, etapa 1.*

| fecha_hora                     | t_ina | t_inb | t_ex | h_ina | h_inb | h_ex |
|--------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| 2022-11-02<br>00:01:38.3930000 | 20    | 22    | 18   | 89    | 96    | 82   |
| 2022-11-02<br>03:01:51.6100000 | 19    | 21    | 17   | 89    | 96    | 84   |
| 2022-11-02<br>06:02:06.1700000 | 20    | 21    | 18   | 89    | 96    | 83   |
| 2022-11-02<br>09:02:39.9000000 | 22    | 23    | 20   | 89    | 96    | 73   |
| 2022-11-02<br>12:03:44.0400000 | 29    | 32    | 26   | 89    | 80    | 46   |
| 2022-11-02<br>15:05:07.1330000 | 28    | 36    | 25   | 59    | 54    | 48   |
| 2022-11-02<br>18:05:16.9770000 | 21    | 24    | 18   | 78    | 62    | 80   |
| 2022-11-02<br>21:05:43.6470000 | 20    | 22    | 18   | 88    | 95    | 81   |
| 2022-11-03<br>00:06:00.0070000 | 19    | 21    | 19   | 89    | 96    | 76   |
| 2022-11-03<br>03:06:28.7500000 | 20    | 21    | 19   | 89    | 96    | 74   |
| 2022-11-03<br>06:06:43.2170000 | 20    | 20    | 19   | 89    | 96    | 72   |
| 2022-11-03<br>09:07:16.0170000 | 22    | 23    | 21   | 83    | 93    | 65   |
| 2022-11-03<br>12:07:06.0100000 | 28    | 34    | 26   | 54    | 65    | 43   |
| 2022-11-03<br>15:06:08.0700000 | 28    | 36    | 24   | 34    | 42    | 48   |
| 2022-11-03<br>18:09:46.2370000 | 21    | 26    | 20   | 75    | 53    | 72   |
| 2022-11-03<br>21:10:06.0930000 | 19    | 21    | 18   | 86    | 89    | 85   |
| 2022-11-04<br>00:09:43.4570000 | 19    | 21    | 17   | 89    | 92    | 85   |
| 2022-11-04<br>03:09:30.3100000 | 18    | 20    | 16   | 89    | 96    | 85   |
| 2022-11-04<br>06:09:02.7500000 | 17    | 19    | 16   | 89    | 94    | 85   |
| 2022-11-04<br>09:08:57.1030000 | 22    | 23    | 20   | 57    | 87    | 73   |
| 2022-11-04<br>12:08:52.0830000 | 29    | 34    | 26   | 56    | 64    | 43   |
| 2022-11-04<br>15:08:37.0530000 | 32    | 36    | 25   | 50    | 41    | 49   |

#### **4.5.2.1. Conclusiones de Implementación del Sistema Strong-Bee, Etapa 1.**

Luego de implementar el sistema Strong-Bee, se recabó datos durante 10 días sin habilitar el mecanismo de ventilación, se obtuvo los siguientes datos de la Tabla 22. La temperatura y humedad ideal en el interior de la colmena según los expertos en el área y explicado en el inciso 2.4.2, menciona que las medidas ambientales idóneas son 34° a 35° grados y 60 a 65% de humedad relativa. Los datos recabados se muestran que en días muy soleados la temperatura dentro de la colmena tiende a subir considerablemente y la humedad relativa se encuentra baja, factores climáticos que afectan directamente a las crías y consecuentemente al desarrollo de la población de abejas, los datos indican que los factores ambientales presentan mayor incidencia de las 11:00 a 14:00 aproximadamente, por tal motivo la hora de encendido programado del sistema cambia, para operar en el periodo de tiempo donde existe el aumento de datos críticos. El exceso de calor tiende a afectar a las abejas forzando a accionar su mecanismo de defensa ante el exceso de calor y lo cual conlleva a un consumo extra de energía, realizar esta actividad extra a sus funciones diarias conlleva a la producción de estrés, afectando directamente a la longevidad de las abejas. En días no tan calurosos, la temperatura dentro de la colmena no es tan elevada, pero, si se mantiene recurrente estos factores dañinos las abejas pueden estresarse con el transcurso de los días. La población de abejas se reducirá y esto se verá afectado a la larga en su producción al final de la temporada de floración. Por lo tanto, con el análisis a los datos obtenido se procede a realizar la programación del mecanismo de ventilación, se activará automáticamente de acuerdo a parámetros indicados.



#### ***4.5.3. Programación para la Activación del Mecanismo de Ventilación***

Se realizó el análisis de los datos de la Tabla 22, y se estableció que el sensor interno escogido para ser utilizado como referencia para la activación del mecanismo de ventilación, fue el sensor de temperatura y humedad interno B (**t\_inb** y **h\_inb**), esto se debe a que el sensor interno B colocado en la parte derecha o entrada de las abejas a la colmena, durante el día las abejas se aglomeran en la entrada de la colmena y la temperatura tiende a elevarse en esa área, por lo cual existe una diferencia notable entre los sensores internos A y B, pero mientras en la noche los valores tomados por los sensores, son iguales o semejantes entre ambos sensores internos, a la vez, el sensor A es utilizado para validar la toma de datos del sensor B. Por lo tanto, una vez seleccionado el sensor, se programa los 3 niveles de apertura de ventilación del mecanismo, el nivel 2 se activa cuando el dato del sensor interno B tome datos entre 36°C - 38°C y la humedad se encuentre menor a 60%, el cual presenta una apertura parcial, en otro caso, el dato de temperatura se encuentre entre 39°C - 41°C y la humedad se encuentre menor a 51% se activa el nivel 3 del mecanismo, el cual presenta una apertura total, mientras que si la temperatura sea inferior a 35° grados y la humedad superior a 59% de humedad, el mecanismo de ventilación activa el nivel 1, el cual representa un cierre total del mecanismo. Esto se puede validar en la Figura 123, el mecanismo de ventilación opera mediante el estado nivel anterior al cumplir los parámetros el nivel toma un nuevo estado.

#### **Figura 123**

*Parámetros para activación del mecanismo de ventilación.*

```

void ventilacion()
{
  if ((tempintb1 <= 35) && (humintb1 >= 60)) // Condicion pa
  {
    if (estado == 1) // La mecanismo esta cerrado
    {
      girar(0); // no gira
      estado = 1; //Establece el estado en 0
    }
    if (estado == 2) // EL mecanismo esta semiabierto
    {
      girar(2); // giro
      estado = 1; //Establece el estado en 0
    }
    if (estado == 3) // el mecanismo se encuentra abierto
    {
      girar(2); // Gira
      delay(300);
      girar(2); // gira
      estado = 1; //Establece el estado en 0
    }
  }

  if ((tempintb1 >= 36) && (tempintb1 <= 38) && (humintb1 <= 59))
  {
    if (estado == 2) // EL mecanismo esta semi abierto
    {
      girar(0); // no gira
      estado = 2; // Establece el estado en 1
    }
    if (estado == 1) // El mecanismo esta cerrado
    {
      girar(1); // gira
      estado = 2; // Establece el estado en 1
    }
    if (estado == 3) // El mecanismo esta abierto
    {
      girar(2); // gira
      estado = 2; // Establece el estado en 1
    }
  }

  if ((tempintb1 >= 39) && (tempintb1 <= 41) && (humintb1 <= 50)) ,
  {
    if (estado == 3) // EL mecanismo esta abierto
    {
      girar(0); // no gira
      estado = 3; // Establece el estado en 2
    }
    if (estado == 1) // EL mecanismo esta cerrado
    {
      girar(1); // gira
      delay(300);
      girar(1); // gira
      estado = 3; // Establece el estado en 2
    }
    if (estado == 2) // // EL mecanismo esta semi abierto
    {
      girar(1); // gira
      estado = 3; // Establece el estado en 2
    }
  }
}

```

#### 4.5.4. Toma de Datos de la Implementación del Sistema Strong-Bee de la Etapa 2

##### 4.5.4.1. Corrección del Horario de la Rutina 1 de la Toma de Datos.

De acuerdo a las conclusiones realizadas en el apartado 4.5.2.1 se decide cambiar el horario de encendido del sistema, por lo cual, se indica la variación del tiempo de encendido del sistema en la Tabla 24

**Tabla 24**

*Horario de encendido del sistema posterior al análisis.*

| Encendido del sistema |         |
|-----------------------|---------|
| Antes                 | Después |
|                       |         |

---

Hora 01:00 – 03:00 02:00 – 04:00

Hora 04:00 – 06:00 05:00 – 07:00

Hora 07:00 – 09:00 08:00 – 10:00

Hora 10:00 – 12:00 11:00 – 13:00

Hora 13:00 – 15:00 14:00 – 16:00

Hora 16:00 – 18:00 17:00 – 19:00

Hora 19:00 – 21:00 20:00 – 22:00

Hora 22:00 – 24:00 23:00 – 01:00

---

*Nota.* El encendido del sistema siempre debe realizarse 5 minutos antes de una hora seleccionada en la tabla.

#### **4.5.4.2. Datos Almacenados Después de la Activación del Mecanismo de Ventilación**

A continuación, se muestra los datos en la Tabla 25, después de haber habilitado el mecanismo de ventilación, y cambiado el horario de toma de datos de la ejecución de los ciclos de la rutina uno, se tomó en consideración únicamente 3 días para comparación con los datos tomados en la Tabla 22 en la etapa 1, estos cambios realizados, se puede apreciar que existe una reducción de los datos críticos en la rutina 1. La temperatura y humedad en cada ciclo se encuentran menos críticas que en la etapa 1.

#### **Tabla 25**

*Datos de temperatura y humedad de implementación del sistema Strong-Bee , etapa 2.*

---

| Ciclo 1 | Ciclo 2 | Ciclo 3 | Ciclo 1 | Ciclo 2 | Ciclo 3 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|

| fecha_hora                 | t_in<br>a1 | t_in<br>b1 | t_e<br>x1 | t_in<br>a2 | t_in<br>b2 | t_e<br>x2 | t_in<br>a3 | t_in<br>b3 | t_e<br>x3 | h_in<br>a1 | h_in<br>b1 | h_e<br>x1 | h_in<br>a2 | h_in<br>b2 | h_e<br>x2 | h_in<br>a3 | h_in<br>b3 | h_e<br>x3 |
|----------------------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| 2022-11-15<br>07:02:12.097 | 20         | 19         | 15        | 19         | 18         | 15        | 21         | 20         | 18        | 89         | 96         | 74        | 89         | 96         | 71        | 89         | 96         | 64        |
| 2022-11-15<br>10:02:31.207 | 24         | 24         | 21        | 25         | 27         | 24        | 27         | 31         | 26        | 89         | 96         | 50        | 89         | 96         | 39        | 71         | 96         | 33        |
| 2022-11-15<br>13:02:21.917 | 28         | 31         | 27        | 29         | 33         | 27        | 28         | 35         | 26        | 69         | 96         | 32        | 63         | 88         | 33        | 68         | 61         | 34        |
| 2022-11-15<br>16:02:04.157 | 27         | 40         | 25        | 26         | 35         | 25        | 25         | 29         | 21        | 72         | 37         | 39        | 83         | 63         | 41        | 78         | 80         | 55        |
| 2022-11-15<br>19:01:55.077 | 22         | 23         | 18        | 20         | 22         | 18        | 21         | 22         | 19        | 89         | 85         | 66        | 89         | 96         | 66        | 89         | 96         | 60        |
| 2022-11-15<br>22:01:46.310 | 21         | 23         | 19        | 21         | 23         | 19        | 21         | 22         | 19        | 89         | 96         | 65        | 89         | 96         | 69        | 89         | 96         | 67        |
| 2022-11-16<br>01:01:34.870 | 21         | 22         | 20        | 21         | 22         | 19        | 21         | 21         | 18        | 89         | 96         | 70        | 89         | 96         | 70        | 89         | 96         | 70        |
| 2022-11-16<br>04:01:16.810 | 21         | 22         | 18        | 20         | 20         | 17        | 20         | 19         | 16        | 89         | 96         | 70        | 89         | 96         | 75        | 89         | 96         | 67        |
| 2022-11-16<br>07:00:47.543 | 19         | 19         | 16        | 18         | 18         | 15        | 20         | 19         | 16        | 89         | 96         | 71        | 89         | 96         | 72        | 89         | 96         | 74        |
| 2022-11-16<br>10:00:42.803 | 22         | 21         | 19        | 23         | 24         | 22        | 25         | 27         | 23        | 89         | 96         | 67        | 89         | 96         | 56        | 79         | 96         | 46        |
| 2022-11-16<br>13:00:38.083 | 27         | 30         | 25        | 28         | 32         | 26        | 28         | 34         | 25        | 78         | 96         | 44        | 70         | 96         | 39        | 68         | 65         | 42        |
| 2022-11-16<br>16:01:40.627 | 27         | 40         | 24        | 25         | 34         | 22        | 23         | 32         | 20        | 61         | 54         | 48        | 70         | 65         | 57        | 68         | 65         | 66        |
| 2022-11-16<br>19:01:36.940 | 21         | 24         | 17        | 20         | 22         | 18        | 21         | 22         | 18        | 71         | 69         | 80        | 78         | 84         | 77        | 89         | 96         | 79        |
| 2022-11-16<br>22:01:24.247 | 21         | 22         | 18        | 20         | 22         | 18        | 20         | 22         | 19        | 89         | 96         | 78        | 89         | 96         | 83        | 89         | 96         | 74        |
| 2022-11-17<br>01:01:18.330 | 21         | 22         | 19        | 21         | 22         | 19        | 21         | 22         | 19        | 89         | 96         | 72        | 89         | 96         | 75        | 89         | 96         | 71        |
| 2022-11-17<br>04:01:09.867 | 21         | 23         | 19        | 22         | 22         | 19        | 22         | 22         | 19        | 89         | 96         | 71        | 89         | 96         | 76        | 89         | 96         | 76        |
| 2022-11-17<br>07:01:00.337 | 23         | 23         | 19        | 22         | 22         | 19        | 22         | 21         | 18        | 89         | 96         | 74        | 89         | 96         | 73        | 89         | 96         | 75        |
| 2022-11-17<br>10:00:55.313 | 23         | 21         | 18        | 23         | 23         | 19        | 24         | 25         | 21        | 89         | 96         | 78        | 16         | 96         | 72        | 15         | 96         | 67        |
| 2022-11-17<br>13:01:14.430 | 24         | 25         | 21        | 25         | 29         | 23        | 28         | 30         | 24        | 56         | 95         | 65        | 89         | 96         | 55        | 89         | 96         | 51        |

#### 4.5.4.3. *Promedios de los Datos Tomados de la Primera Rutina*

En la Tabla 26, se puede observar los promedios obtenidos de la segunda rutina, se puede comprender que al existir una reducción de datos críticos en a temperatura y humedad en la toma de cada uno de los ciclos, los promedios de igual manera tienden a encontrarse más estables y esto se refleja como un habitat adecuado para el desarrollo de las abejas dentro de la colmena.

**Tabla 26**

*Promedios de la rutina 2 de temperatura y humedad, etapa 2.*

| fecha hora                 | t_ina | t_inb | t_ex | h_ina | h_inb | h_ex |
|----------------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| 2022-11-15<br>07:02:12.097 | 20    | 19    | 16   | 89    | 96    | 69   |
| 2022-11-15<br>10:02:31.207 | 25    | 27    | 23   | 83    | 96    | 40   |
| 2022-11-15<br>13:02:21.917 | 28    | 33    | 26   | 66    | 81    | 33   |
| 2022-11-15<br>16:02:04.157 | 26    | 34    | 23   | 77    | 60    | 45   |
| 2022-11-15<br>19:01:55.077 | 21    | 22    | 18   | 89    | 92    | 64   |
| 2022-11-15<br>22:01:46.310 | 21    | 22    | 19   | 89    | 96    | 67   |
| 2022-11-16<br>01:01:34.870 | 21    | 21    | 19   | 89    | 96    | 70   |
| 2022-11-16<br>04:01:16.810 | 20    | 20    | 17   | 89    | 96    | 70   |
| 2022-11-16<br>07:00:47.543 | 19    | 18    | 15   | 89    | 96    | 72   |
| 2022-11-16<br>10:00:42.803 | 23    | 24    | 21   | 85    | 96    | 56   |
| 2022-11-16<br>13:00:38.083 | 27    | 32    | 25   | 72    | 85    | 41   |
| 2022-11-16<br>16:01:40.627 | 25    | 35    | 22   | 67    | 61    | 57   |
| 2022-11-16<br>19:01:36.940 | 20    | 22    | 17   | 79    | 83    | 78   |
| 2022-11-16<br>22:01:24.247 | 20    | 22    | 18   | 89    | 96    | 78   |
| 2022-11-17<br>01:01:18.330 | 21    | 22    | 19   | 89    | 96    | 72   |
| 2022-11-17<br>04:01:09.867 | 21    | 22    | 19   | 89    | 96    | 74   |
| 2022-11-17<br>07:01:00.337 | 22    | 22    | 18   | 89    | 96    | 74   |
| 2022-11-17<br>10:00:55.313 | 23    | 23    | 19   | 40    | 96    | 72   |
| 2022-11-17<br>13:01:14.430 | 25    | 28    | 22   | 78    | 95    | 57   |

#### 4.5.4.4. Información de Colmena en la Página Web

El apicultor puede observar la información referente al estado de la colmena ingresando a la dirección web: <https://webapplicationiotbee.azurewebsites.net>, en la página web debe ingresar las credenciales indicadas para ingresar al perfil de apicultor y observar los datos de la colmena como se observa en la Figura 124. Los datos recomiendan al apicultor que la colmena se encuentra en un estado normal, los datos se muestran al apicultor desde el último dato tomado hacia el primer dato, de forma descendente, por lo cual, el apicultor observa siempre la información actualizada, además el apicultor puede filtrar la información buscando los datos de la colmena cuando se encontró normal, precaución o peligro. La recomendación normal representa que los valores de temperatura y humedad se encuentran dentro de los rangos normales, por lo cual el ambiente dentro de la colmena permanece en un ambiente óptimo para el desarrollo de la colmena.

### Figura 124

#### Notificación del estado Normal.

STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir

**Lista de Datos**

Buscar:

Normal = 1 Prevación = 2 Peligro = 3

| Codigo | Fecha_Hora             | Peso (Lbs) | Resultado | Recomendacion | Acciones                           |
|--------|------------------------|------------|-----------|---------------|------------------------------------|
| 1      | 11/17/2022 1:01:14 PM  | 0.96       | Calido    | Normal        | <input type="button" value="Ver"/> |
| 1      | 11/17/2022 10:00:55 AM | 0.95       | Calido    | Normal        | <input type="button" value="Ver"/> |
| 1      | 11/17/2022 7:01:00 AM  | 0.95       | Calido    | Normal        | <input type="button" value="Ver"/> |

*Nota.* Notificación del estado de la colmena en el perfil del apicultor, y buscador para filtrar las recomendaciones.

La notificación de precaución mostrada en la Figura 125, indica al apicultor que el ambiente interno de la colmena, no se encuentra óptimo para el desarrollo de la misma, ya puede ser porque la colmena en las noches se encuentre totalmente descubierto y no existe una

protección de los arbustos o matorrales y el viento helado de la madrugada golpea directamente a la colmena, o en otro caso, la temperatura tiende a elevarse y la humedad a reducirse considerablemente, el mecanismo de ventilación es insuficiente, esto puede suceder porque existe una sobrepoblación de abejas al interior de la colmena aumenta la temperatura incontrolablemente, y el apicultor debería agregar una nueva caja o alza sobre la caja modificada para el sistema sin afectar el funcionamiento del sistema

### Figura 125

*Notificación del estado prevención.*

STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir

**Lista de Datos**

Buscar:

Normal = 1 Prevención = 2 Peligro = 3

| Codigo | Fecha_Hora            | Peso (Lbs) | Resultado | Recomendacion | Acciones                           |
|--------|-----------------------|------------|-----------|---------------|------------------------------------|
| 1      | 11/16/2022 7:00:47 AM | 0.55       | Frio      | Prevencion    | <input type="button" value="Ver"/> |
| 1      | 11/16/2022 4:01:16 AM | 0.48       | Frio      | Prevencion    | <input type="button" value="Ver"/> |
| 1      | 11/16/2022 1:01:34 AM | 0.35       | Frio      | Prevencion    | <input type="button" value="Ver"/> |
| 1      | 11/15/2022 7:02:12 AM | 0.1        | Frio      | Prevencion    | <input type="button" value="Ver"/> |

*Nota.* Filtrado de datos de la colmena de acuerdo a la recomendación de prevención.

La notificación de peligro indicado en la Figura 126, es un claro indicativo que los problemas que ocasionan una notificación de precaución se han vuelto críticos, el apicultor no ha prestado atención debida y los problemas se han maximizado, por lo cual es importante verificar por parte del apicultor los datos que brinda el sistema, y atenderlos los más pronto posible para evitar la pérdida del desarrollo y producción de la colmena.

### Figura 126

*Notificación del estado peligro.*

STRONG-BEE Inicio Ver Perfil Ver Apiarios Ver Colmenas Datos Salir

**Lista de Datos**

Buscar:

Normal = 1 Prevención = 2 Peligro = 3

| Codigo | Fecha_Hora            | Peso (Lbs) | Resultado | Recomendacion | Acciones                           |
|--------|-----------------------|------------|-----------|---------------|------------------------------------|
| 1      | 11/17/2022 1:01:14 PM | 0.96       | Intenso   | Peligro       | <input type="button" value="Ver"/> |

*Nota.* Filtrado de datos de acuerdo a la recomendación de peligro.

Y si el apicultor lo desea puede observar en forma detallada los datos como se muestra en la Figura 127, donde se muestra la temperatura y humedad de los 3 sensores colocados en la colmena, por el cual el sistema considera que la colmena se encuentra en un ambiente normal, preventivo o crítico, para el desarrollo de la colmena.

### **Figura 127**

*Datos detallados del ambiente en el interior de la colmena.*

#### **Datos de la colmena**

**Nota:** Temperatura normal al interior : 22°C - 35°C

**Nota:** Humedad normal al interior : >65%

Codigo\_Colmena

1

Fecha\_hora

17/11/2022 13:01:14

Temperatura Interna A (°C)

25

Temperatura Interna B (°C)

28

Temperatura Externa (°C)

22

Humedad Interna A (%)

78

Humedad Interna B (%)

95

Humedad Externa (%)

57

Peso (Lbs)

0,96

*Nota.* Información adicional que permite comprender del porque el sistema decide un tipo de recomendación.

#### **4.5.5. Análisis de los Datos del Sistema Strong-Bee**

Se realizó la implementación de la colmena en el apiario del Sr Luis Rigoberto

Pambaquishpe, durante la primera etapa de implementación se encontró con cambios

necesarios para el mejoramiento y optimización del sistema, como el decidir el tiempo ideal

para la ejecución de la toma de datos de cada ciclo perteneciente a la primera rutina, este

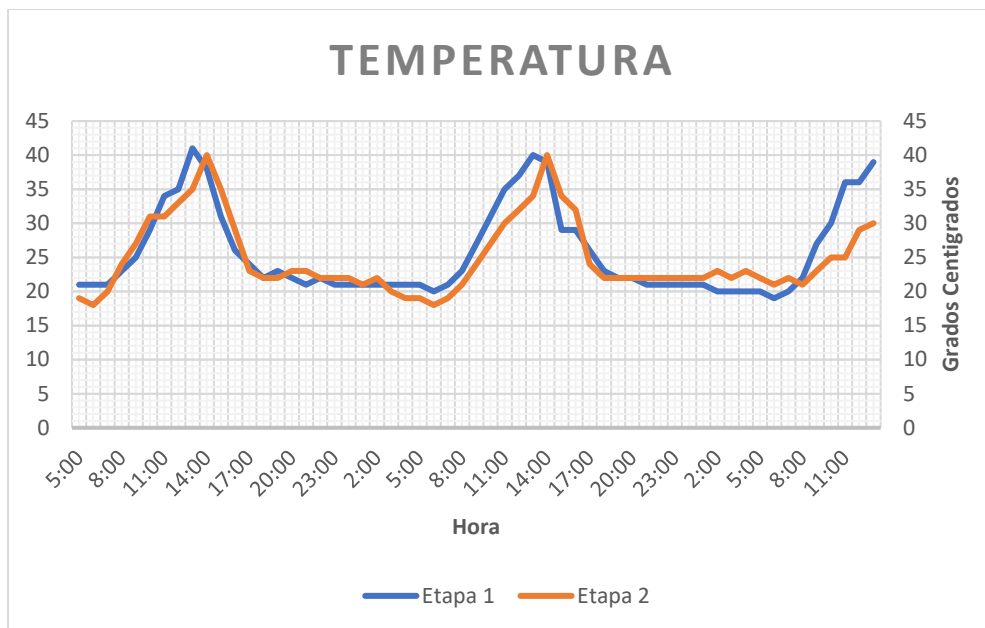


análisis fue pensando en el requerimiento del apicultor el cual era no tener exceso de datos, el requerimiento de arquitectura hace referencia que se debe optimizar la vida útil de la batería, por lo que, si se realiza continuamente la toma de datos en periodos más cortos, la vida de la batería se reduce a la mitad, por lo cual se decidió que la toma de datos fuese cada una hora y además de ellos se detectó que la hora de toma de datos de la rutina 1 debe efectuarse durante la aparición de los datos críticos que afecten el hábitat, por lo que se modificó la hora de toma de datos como se muestra en la Tabla 25. Esto permite que el sistema calcule el promedio del ambiente y brinde un resultado más acertado del ambiente dentro de la colmena. Además, mediante los datos obtenidos en la Tabla 22, se efectuó la configuración del módulo de procesamiento para determinar los parámetros para la activación de los niveles del mecanismo de ventilación.

Por tal motivo se presenta en la Figura 128, la comparación de los datos obtenidos en la primera etapa Tabla 22 y los datos obtenidos en la segunda etapa Tabla 25, como se puede observar los picos de exceso de temperatura en la etapa 2 son durante periodo más cortos por lo que la intervención del mecanismo de ventilación en la colmena, ayuda a mitigar el exceso de temperatura al interior de la colmena.

### **Figura 128**

*Comparación de datos de temperatura de etapa 1 y etapa 2.*

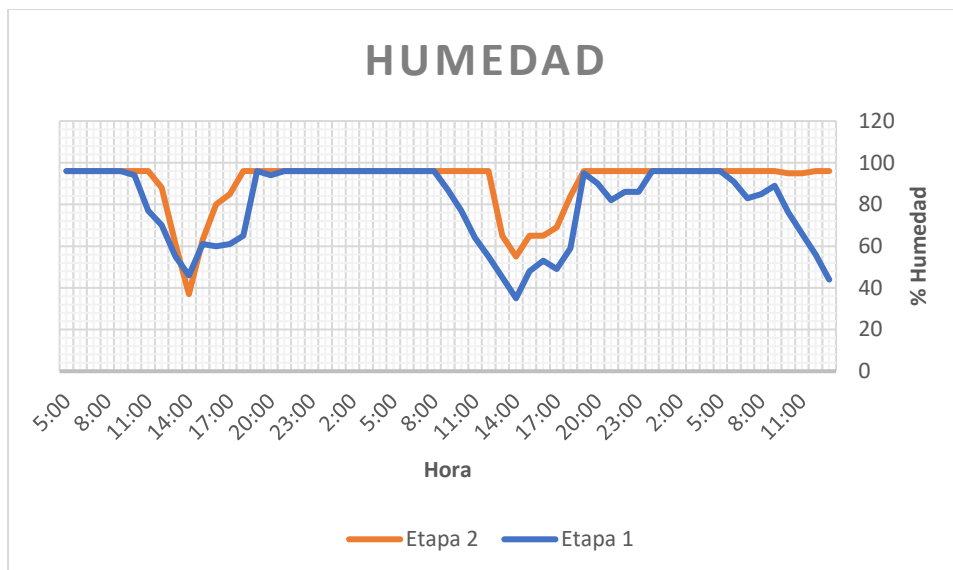


*Nota.* Comparación de datos de temperatura, antes y después del uso de mecanismo de ventilación.

En la Figura 129 se compara la humedad relativa entre la etapa 1 y 2, durante la etapa 1 la humedad al interior de la colmena se redujo lo suficiente para ser considerado como datos críticos, ocasionado principalmente por el aumento de temperatura dentro de la colmena, por lo cual, al ejecutar el mecanismo de ventilación, la temperatura se reduce y la humedad tiende a subir a niveles adecuados para el desarrollo de nuevas larvas y aumento de población de la colmena.

### **Figura 129**

*Comparación de los datos de humedad de etapa 1 y etapa 2.*



*Nota.* Comparación de datos de humedad, antes y después del uso de mecanismo de ventilación.

Con el desarrollo del sistema y por medio de pruebas de validación y funcionamiento se concluyó que las abejas necesitan estar en un ambiente adecuado y óptimo para su desarrollo y producción de miel, la aparición de factores físicos como la temperatura y humedad fuera de los rango normales tienden a afectar a toda la colonia y ocasionando estrés en las abejas, por lo cual mediante el sistema se consiguió comprobar que el mecanismo de ventilación ayuda al interior de la colmena, cuando al interior de la colmena presente un incremento de temperatura y decremento de la humedad durante un tiempo prolonga se genera estrés, siendo niveles críticos para el desarrollo de nuevas larvas y el consumo de energía extra de las abejas, mediante la activación del mecanismo de ventilación la temperatura y humedad se establecieron en niveles normales, reduciendo el tiempo a los niveles críticos que están expuestas las abejas. Aportando así que las abejas no sientan estrés al ser expuestos por tiempos prolongados a la realización de tareas extras a su trabajo natural.

## Conclusiones

- Se elaboró un sistema electrónico denominado Strong-Bee el cual es destinado a monitoreo de las colmenas, mediante el uso de sensores que permiten la medición de los valores de temperatura, humedad y peso de la colmena, todo esto permite conocer el estado de la colmena.
- Por requerimiento del apicultor, se determinó que la ubicación de la colmena debe ser cercana de alguna vivienda, como medida de seguridad ante posibles robos de miel, que el apicultor ha sufrido anteriormente al dejarlas muy aisladas de alguna vivienda, por tal motivo la tecnología de comunicación seleccionada opera de forma adecuada para el desarrollo del sistema, además de su económico precio en relación a otras tecnologías de comunicación.
- Para el desarrollo del sistema Strong-Bee se colaboró conjuntamente con el apicultor, el cual tiene varios años de experiencia trabajando en el área de la apicultura y mediante encuestas al apicultor se logró establecer los requerimientos de software, hardware y diseño relevantes para el desarrollo eficaz del sistema y tener éxito en la investigación planteada.
- Para optimizar la eficacia del sistema se realizó la implementación del sistema en 2 etapas, la primera permitió comprender como varía el ambiente dentro de la colmena y establecer los periodos de tiempo adecuados donde aparecen la mayoría de datos críticos que se va a combatir, y la etapa dos validar el correcto funcionamiento del sistema Strong-Bee
- El sistema electrónico Strong-Bee implementado para el monitoreo de colmenas en el sector de Imbaya, presentó un impacto favorable al hábitat de la colmena, mediante el mecanismo de ventilación se redujo los índices críticos de temperatura y humedad, condiciones ambientales que afectan al desarrollo de la colmena, provocado estrés en

las abejas y acortando el tiempo de vida, afectando directamente a la población de la colmena y consecuentemente a su producción.

### **Recomendaciones**

- Proteger los sensores colocados en el interior de la colmena con una malla de protección, que no permita a las abejas cubrir de miel los dispositivos y estos no sean capaces de realizar tomas de datos del ambiente al interior de la colmena, al tomar datos erróneos afecta directamente en el resultado y por ende en el funcionamiento del sistema.
- Al diseñar el sistema IoT, es primordial buscar dispositivos de menor consumo de energía pensando en precautelar el consumo de baterías, alta eficiencia en la toma de datos minimiza errores de resultados del sistema, dependiente del área de aplicación seleccionar el tamaño idóneo de los sensores que no afecte el hábitad o procesos naturales.
- El sistema Strong-Bee tiene períodos de encendido establecidos por el desarrollador del sistema, mediante pruebas de campo se determinó el horario el cual los sensores toman datos y aparecen un aumento de datos críticos, por lo que, la colmena sufre mayor estado de estrés, por lo cual el funcionamiento del sistema debe apoyar a mitigar estos efectos negativos, respetando los horarios de encendido del sistema para un correcto funcionamiento del mismo
- El proyecto realizado puede ser utilizado como base, para futuros proyectos de investigación con la integración de nuevos dispositivos que permitan apoyar al desarrollo de las colmenas de abejas y optimizar ganancias gracias a los productos como la miel.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agrocalidad. (09 de Julio de 2020). *www.agrocalidad.gob.ec*. Obtenido de [www.agrocalidad.gob.ec: https://www.agrocalidad.gob.ec/agrocalidad-impulsa-la-apicultura-ecuatoriana/](https://www.agrocalidad.gob.ec/agrocalidad-impulsa-la-apicultura-ecuatoriana/)
- Antonioante.gob.ec. (01 de 07 de 2020). *Antonioante.gob.ec*. Obtenido de <https://antonioante.gob.ec/AntonioAnte/wp-content/uploads/2020/07/PDOT2019-2021.pdf>
- Antonioante.gob.ec. (16 de 12 de 2022). *Antonioante.gob.ec*. Obtenido de <https://antonioante.gob.ec/AntonioAnte/imbaya/>
- Bhowmik, S. (2017). *Cloud Computing*. Cambridge University Press.
- Coppa, R. (2001). La colmena: un ecosistema en equilibrio. *MISCELANEAS*, 6.
- ecocolmena. (21 de Mayo de 2021). *ecocolmena.com*. Obtenido de <https://ecocolmena.com/beneficios-y-propiedades-de-la-miel/>
- Ganadería, M. d. (16 de Mayo de 2021). *www.agricultura.gob.ec*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-tiene-potencial-para-la-apicultura/>
- Gochhait, S. S. (2019). *Cloud Computing Applications and Techniques*. IGI Global.
- JEAN-PROST, P. L. (2007). *Apicultura: Conocimiento de la abeja*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Jimenez, E. (2017). *Manejo y mantenimiento de colmenas*. Mundi-Presa.
- Johnny Novillo-Vicuña, D. H. (2018). *Arduino y el Internet de las cosas*. Alicante: 3Ciencias.
- Lacono, L. (2011). *Wireless Sensor Network*. Obtenido de ITIC: [http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Protocolos\\_para\\_Redde\\_de\\_Sensores\\_Inalambricos.pdf](http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Protocolos_para_Redde_de_Sensores_Inalambricos.pdf)

- Lideres. (26 de Junio de 2018). *www.revistalideres.ec*. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/apicultura-miel-abejas-ministerio-agricultura.html>
- Magen, J. B. (2016). *Tecnologías apropiadas para la apicultura*. Barcelona: Asociacion Catalana .
- Martínez, D. A. (14 de 11 de 2018). *demielesyabejas*. Obtenido de <https://demielesyabejas.com/apicultura/la-regulacion-de-la-temperatura-en-la-colmena/>
- Muñoz, O. Q. (2019). *Internet de las Cosas (IoT)*. Ibukku LLC.
- Nieves, E. E. (2016). *Manual de apicultura*. México.
- Pablo Beltrán Ayala, J. V. (2020). *Analisis de costo de producción de abeja en Ecuador* . Obtenido de Revista dogotal de Ciencia , Tecnología e Innovación : <http://45.238.216.13/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/2335>
- Preuss, R. L. (2013). *Manual de Apicultura Moderna (Actulizada)*. San Miguel: Editorial Universitaria.
- Ravazzi, G. (2017). *Las abejas*. USA: Vecchi S.A.
- Sáenz, E. L. (2018). *Apicultura práctica tradicional y moderna*. Madrid: Liber Factory.
- Srivastava, S. (2020). *THE CLOUD architect*. Notion Press.
- Stevens, R. (2020). *Apicultura para principiantes*. Chronos Publishing LLC.
- Thun, M. (2021). *La abeja: Conducta y cuidados*. Amazon Digital Services LLC.
- Torres, L. (2008). *La miel y otros derivados de la abeja*. Madrid: Océano Ambar.

Valega, O. (2017). *Estres en las abejas*. Obtenido de Apiservices:

<https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/1161-estres-en-las-abejas#:~:text=Alto%20ingreso%20de%20n%C3%A9ctar%20acompa%C3%B1ado%20de%3A&text=En%20estas%20condiciones%20de%20gran,consecuente%20disminuci%C3%B3n%20de%20su%20longevidad.>

Valega, O. (31 de 03 de 2021). *apiservices*. Obtenido de

<https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/1161-estres-en-las-abejas>



## Anexo

### 8.1. Anexo A Encuesta Realizada al Apicultor para Definir Estado Actual de la actividad

Formato de la encuesta realizada al Sr. Luis Rigoberto Pambaquishpe Ibadango, apicultor que tiene 41 años de edad y tiene 20 años de experiencia dedicada a la producción de miel. Es una técnica que inicio con su padre y hermanos, hasta el día de hoy continúa desarrollando con inmensa dedicación esta valiosa actividad.

#### Preguntas para definir el estado actual de la actividad

1. ¿Puede afirmar si, la producción de miel en la colmena, está directamente relaciona con la temporada de floración?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

2. Ud manipula el mismo diseño de caja tradicional para las colmenas dentro del apiario?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

3. ¿Actualmente el apicultor debe viajar largas distancias hasta el apiario para verificar el estado de cada uno de las colmenas?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

4. ¿El apicultor necesita de tiempo necesario para prepararse con ropa adecuada y realizar la inspección a la colmena?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

5. ¿Las colmenas se deben ubicar en las zonas rurales, donde existe abundancia de flores, que sirve de alimento a la colmena?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

6. ¿Mencione los lugares donde el apicultor tiene sus colmenas?

---

—

7. ¿Con qué frecuencia se realiza las inspecciones a las colmenas, en temporada de floración?

- Diariamente \_\_\_\_\_
- Semanalmente \_\_\_\_\_
- Quincenalmente \_\_\_\_\_
- Mensualmente \_\_\_\_\_

8. ¿Actualmente ud tiene algún método para almacenar la información la producción de las colmenas?

- Cuaderno o libreta \_\_\_\_\_
- Medios electrónicos (Excel, Documentos electrónicos, Bloc de notas) \_\_\_\_\_
- Ninguno \_\_\_\_\_
- Otro \_\_\_\_\_

¿Si su respuesta es Otro especifique cual es el método de registro actual?

---

—

9. ¿Actualmente posee algún sistema en la colmena que aporte a precautelar la salud de las abejas y en consecuencia un aumento de su tiempo de vida?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

10. ¿La colmena se estresa a causa de las continuas inspecciones que realiza el apicultor?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

11. ¿Una de las causas de la enjambrazón de las abejas es por la sobrepoblación dentro de la colmena?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
 COMUNICACIÓN.

Encuesta al Apicultor – Estado actual

Nombres: Luis Rigoberto Pomtogoishpa Edad: 41 Años de experiencia: 20

1. ¿Puede afirmar si, la producción de miel en la colmena, está directamente relacionada con la temporada de floración?

SI

NO

2. Ud manipula el mismo diseño de caja tradicional para las colmenas dentro del apiario?

SI

NO

3. ¿Actualmente el apicultor debe viajar largas distancias hasta el apiario para verificar el estado de cada uno de las colmenas?

SI

NO

4. ¿El apicultor necesita de tiempo necesario para prepararse con ropa adecuada y realizar la inspección a la colmena?

SI

NO

5. ¿Las colmenas se deben ubicar en las zonas rurales, donde existe abundancia de flores, que sirve de alimento a la colmena?

SI

NO

6. ¿Mencione los lugares donde el apicultor tiene sus colmenas?

Pichincha, Imbabura, Los Rios, Esmeralda

7. ¿Con qué frecuencia se realiza las inspecciones a las colmenas, en temporada de floración?

- Diariamente
- Semanalmente
- Quincenalmente



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
 COMUNICACIÓN.

- Mensualmente \_\_\_\_\_
- 8. ¿Actualmente ud tiene algún método para almacenar la información la producción de las colmenas?
- Cuaderno o libreta
- Medios electrónicos (Excel, Documentos electrónicos, Bloc de notas) \_\_\_\_\_
- Ninguno \_\_\_\_\_
- Otro \_\_\_\_\_

¿Si su respuesta es Otro especifique cual es el método de registro actual?

- 
9. ¿Actualmente posee algún sistema en la colmena que aporte a precautelar la salud de las abejas y en consecuencia un aumento de su tiempo de vida?

SI \_\_\_\_\_ NO       

10. ¿La colmena se estresa a causa de las continuas inspecciones que realiza el apicultor?

SI        NO \_\_\_\_\_

11. ¿Una de las causas de la enjambrazón de las abejas es por la sobrepoblación dentro de la colmena?

SI        NO \_\_\_\_\_

### **8.1.1. Conclusión**

El apicultor Luis Rigoberto Pambaquishpe dio a conocer que actualmente no cuenta con un sistema que permita monitorear de manera remota la colmena, y que ayude a precautelar que las abejas reduzcan su nivel de estrés logrando como beneficio el aumento de la producción de miel, sería de gran aporte que el sistema de monitoreo a través de sensores y base de datos, permitan que el apicultor pueda verificar el estado actual de la colmena, además de recibir notificaciones ,si existen datos críticos en las mediciones. Esto permite al apicultor prestar la atención necesaria a una colmena en riesgo, con el objetivo de fortalecer la población de la colmena y en efecto optimizar la producción de miel al final de la temporada de floración.

**8.2. Anexo B. Encuesta para definir los requerimientos del sistema.**

1. ¿Considera ud que los factores temperatura humedad peso y ventilación son importantes dentro de la colmena?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

2. ¿Una colmena al tener mayor peso se puede interpretar, que, existe una mayor población y producción de miel?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

3. ¿Es necesario un sistema que permita precautelar un habitat adecuado, para el desarrollo óptimo de la colmena?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

4. ¿Ha experimentado una situación donde por falta de atención oportuna del apicultor, las colmenas se pierden, disminuyendo la producción total de miel?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

5. ¿Le gustaría contar con un sistema que le permita almacenar la información de manera automática sobre el estado de las colmenas que tiene el apicultor a su cargo?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

6. ¿Cree necesario que apicultor deba conocer el estado de sus colmenas, y si existe variaciones significativas en las medidas tomadas en la colmena, el apicultor pueda darles prioridad ante posibles riesgos a futuro?

SI \_\_\_\_

NO \_\_\_\_

7. ¿Le gustaría que el sistema propuesto muestre notificaciones al apicultor, indicando las condiciones actuales de la colmena y permita conocer si está dentro o fuera de los rangos normales?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

8. Si se diseña un sistema para el monitoreo de las colmenas. ¿Cuáles son los parámetros que considera necesarios en la base de datos para que usted pueda monitorear correctamente las colmenas?

- Numero de colmena
- Ubicación
- Fecha
- Temperatura
- Humedad
- Peso
- Producción

¿Qué otros parámetros ud sugiere?

---

9. ¿Indique los dispositivos donde ud quisiera ver la información de la colmena?

Computador \_\_\_\_\_

Smartphone \_\_\_\_\_

Otro \_\_\_\_\_

Si su respuesta es otro, indique otro dispositivo que le gustaría que sea compatible.

---



10. ¿Por motivos de seguridad, las colmenas deben estar ubicadas en un lugar donde exista una vivienda cercana, como mecanismo de seguridad ante un posible robo de las colmenas?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
 COMUNICACIÓN.

Encuesta al apicultor – Requerimientos del sistema

Nombres: Luis Rigoberto Romoquispe Edad: 41 Años de experiencia: 20

1. ¿Considera ud que los factores temperatura humedad peso y ventilación son importantes dentro de la colmena?  
 SI  NO
2. ¿Una colmena al tener mayor peso se puede interpretar, que, existe una mayor población y producción de miel?  
 SI  NO
3. ¿Es necesario un sistema que permita precautelar un habitat adecuado, para el desarrollo óptimo de la colmena?  
 SI  NO
4. ¿Ha experimentado una situación donde por falta de atención oportuna del apicultor, las colmenas se pierden, disminuyendo la producción total de miel?  
 SI  NO
5. ¿Le gustaría contar con un sistema que le permita almacenar la información de manera automática sobre el estado de las colmenas que tiene el apicultor a su cargo?  
 SI  NO
6. ¿Cree necesario que apicultor deba conocer el estado de sus colmenas, y si existe variaciones significativas en las medidas tomadas en la colmena, el apicultor pueda darles prioridad ante posibles riesgos a futuro?  
 SI  NO
7. ¿Le gustaría que el sistema propuesto muestre notificaciones al apicultor, indicando las condiciones actuales de la colmena y permita conocer si está dentro o fuera de los rangos normales?



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
 CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
 COMUNICACIÓN.

SI

NO

8. Si se diseña un sistema para el monitoreo de las colmenas. ¿Cuáles son los parámetros que considera necesarios en la base de datos para que usted pueda monitorear correctamente las colmenas?

- Numero de colmena
- Ubicación
- Fecha
- Temperatura
- Humedad
- Peso
- Producción

¿Qué otros parámetros ud sugiere?

Código de barras, Nombre apícola, fecha inicio floración, fecha de inspección

9. ¿Indique los dispositivos donde ud quisiera ver la información de la colmena?

Computador

Smartphone

Otro

Si su respuesta es otro, indique otro dispositivo que le gustaría que sea compatible.

10. ¿Por motivos de seguridad, las colmenas deben estar ubicadas en un lugar donde exista una vivienda cercana, como mecanismo de seguridad ante un posible robo de las colmenas?

SI

NO

### **8.2.1. Conclusión**

Mediante la encuesta se llegó a determinar los factores relevantes de interés del apicultor a tomar muy en cuenta para el desarrollo del sistema, el sistema debe poseer dispositivo que permita medir temperatura y humedad y mediante un mecanismo de ventilación permita poder manipular estos factores que afectan directamente a la colmena, perjudicando al desarrollo de nuevas larvas, futuras obreras y producción de miel. Actualmente el método de llevar un registro es mediante un cuaderno y mediante la encuesta se llegó a la conclusión que un mecanismo de registro automática favorecería positivamente al apicultor. La manipulación de dispositivos móviles o PC por parte del apicultor es aceptable por lo cual observar los datos de manera digital no sería un inconveniente para el apicultor. Un punto importante externo pero que puede afectar directamente a la colmena, es el robo de las colmenas por ubicarlas en lugares donde no exista al menos presencia de alguna familia que aporte como seguridad de la colmena contra el hurto de la misma.

### 8.3. Anexo C. Proceso de calibración de la balanza.

Para calibrar la balanza, es necesario cargar el sketch en el Arduino Nano, se llama Calibrar.ino, se presenta la línea de código.

```
#include "HX711.h"

// Pin de datos y de reloj
byte pinData = 15;
byte pinClk = 14;
float peso;
int pesoentero;

HX711 bascula;

// Parámetro para calibrar el peso y el sensor
float factor_calibracion = 7820.0; //Este valor del factor de calibración
funciona para mí. El tuyo probablemente será diferente.
//float factor_calibracion = 1005.0; //Este valor del factor de calibración
funciona para mí. El tuyo probablemente será diferente.

//float factor_calibracion = 26545.0; //Este valor del factor de
calibración funciona para mí. El tuyo probablemente será diferente.
//float factor_calibracion = 50915.0; //Este valor del factor de
calibración funciona para mí. El tuyo probablemente será diferente.
//float factor_calibracion = 100915.0; //Este valor del factor de
calibración funciona para mí. El tuyo probablemente será diferente.
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("HX711 programa de calibración");
  Serial.println("Quita cualquier peso de la báscula");
  Serial.println("Una vez empiece a mostrar información de medidas, coloca
un peso conocido encima de la báscula");
  Serial.println("Presiona + para incrementar el factor de calibracion");
  Serial.println("Presiona - para disminuir el factor de calibracion");

  // Iniciar sensor
  bascula.begin(pinData, pinClk);

  // Aplicar la calibración
  bascula.set_scale();
```

```

// Iniciar la tara
// No tiene que haber nada sobre el peso
bascula.tare();

// Obtener una lectura de referencia
long zero_factor = bascula.read_average();
// Mostrar la primera desviación
Serial.print("Zero factor: ");
Serial.println(zero_factor);
pinMode(12, OUTPUT); // Configura pin en modo salida para despertar WeMos
D1 mini
digitalWrite(12, HIGH); // envio de estado HIGH al pin RST del modulo de
comunicacion
delay(1000);
}

void loop() {

// Aplicar calibración
bascula.set_scale(factor_calibracion);

// Mostrar la información para ajustar el factor de calibración

peso=(bascula.get_units()* -1);
pesoentero= peso * 2.2;
Serial.print("Leyendo: ");
Serial.print(peso);
Serial.print(" kgs      ");
Serial.print(pesoentero);
Serial.print(" Lbs");
Serial.print("  factor_calibracion: ");
Serial.print(factor_calibracion);
Serial.println();

// Obtener información desde el monitor serie
if (Serial.available())
{
char temp = Serial.read();
if (temp == '+') // aumenar el valor de calibracion
factor_calibracion += 10;
else if (temp == '-') // disminuir el valor de calibracion

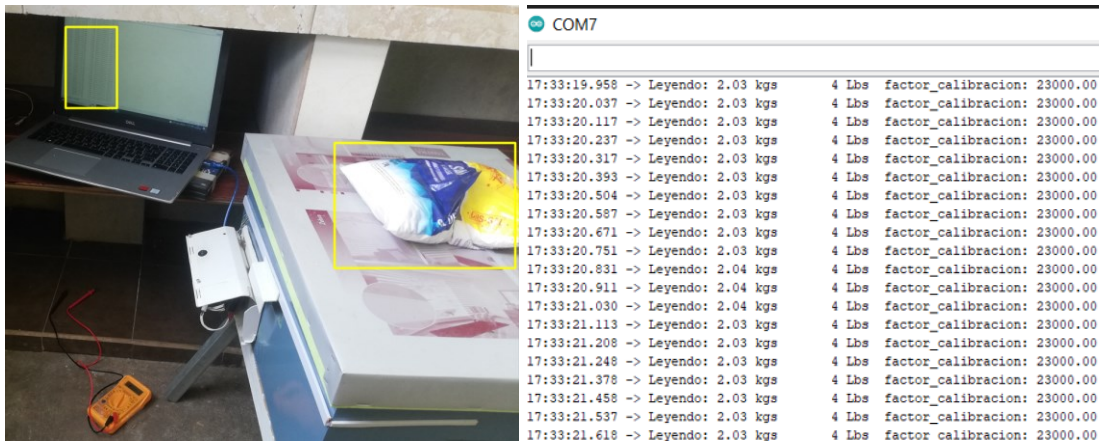
```

```

    factor_calibracion -= 10;
  }
}

```

Al ejecutar el sketch es necesario que no exista ningún peso sobre la balanza, a esto se le llama tarar la balanza, una vez la balanza tarada, se debe agregar un peso conocido y mediante monitor serial se agrega manualmente “+” o “-“ y variar el factor de calibración. Se realiza esta acción de agrega “+” o “-” de manera que el peso en KG sea igual o semejante al peso colocado como se observa en la Figura y posterior a ello, ya se obtiene el valor de calibración adecuado para el pesaje de la colmena. Este valor de calibración se debe colocar en el sketch principal para el pesaje de la colmena.



## 8.4. Anexo D. Código de programación del módulo de procesamiento de datos.

```

//Librerias Sensor DHT22
#include <DHT_U.h>
// Libreria para servo SG90
#include <Servo.h>
// Libreria para entrar en modo sleep
#include "LowPower.h"
// Libreria del modulo HX711
#include <HX711.h>

//Constantes
#define PINWAKEUPNODEMCU 12 // Pin para despertar al NodemMCU
#define DHTPININTB1 2 // Pin de datos sensor interno B 1 DHT22
#define DHTPININTA1 4 // Pin de datos sensor interno A 1 DHT22
#define DHTPINEXT 3 // Pin de datos sensor externo DHT22
#define DHTPINVCC 5 // Pin VCC para sensores DHT22
#define DOUTPIN 15 // Pin dout para módulo HX711
#define SCKPIN 14 // Pin sck para módulo HX711
#define SYSTEMON 11 //Pin del led indicativo del sistema esta encendido
correctamente
#define SERVOSG90 9 // Pin del servomotor
#define CALIBRACION 23000.0 // valor de calibracion del modulo de peso
HX711
#define DHTTYPE DHT22 // Sensor DHT22
#define SERIAL_TX_BUFFER_SIZE 1024
DHT_Unified dhtintb1(DHTPININTB1, DHTTYPE); //// Inicializar sensor DHT
normal 16mhz Arduino
DHT_Unified dhtinta1(DHTPININTA1, DHTTYPE); //// Inicializar sensor DHT
normal 16mhz Arduino
DHT_Unified dhtext1(DHTPINEXT, DHTTYPE); //// Inicializar sensor DHT normal
16mhz Arduino
HX711 bascula; // creacion de objeto para control de peso
Servo myservo; // Creacion ser objeto para control del servo

//Variables para los sensores DHT22
float humintb1; //Stores humidit value
float tempintb1; //Stores temperature value
float huminta1; //Stores humidit value
float tempinta1; //Stores temperature value
float humext1; //Stores humidit value
float tempext1; //Stores temperature value
// Variables para sacar un promedio de los valores fisicos medidos
int resulprometempinta1; //promedio de la temperatura para subir a la
plataforma
int resulpromehuminta1; // promedio de humedad para subir a la plataform
int resulprometempintb1; //promedio de la temperatura para subir a la
plataforma
int resulpromehumintb1; // promedio de humedad para subir a la plataform
int resulprometempext1; //promedio de la temperatura para subir a la
plataforma
int resulpromehumext1; // promedio de humedad para subir a la plataform
int result; // valor del resultado
int recomienda; // valor de recomendacion
//Variables para el modulo HX711
float peso; // Variable para almacenar el valor del peso
String cadena; // cadena de datos para enviar al modulo de comunicacaion a
traves de comunicacion serial
String response_value; // variable donde almacena el valor recibido del
modulo de comunicacion para reenvio de datos

```



```

int valor = 0; // variable de almacenamiento del valor recibido para reenvio
int estado = 1 ; // para verificar el estado del ventilador cerrado ,
semiabierto o abierto
int cont = 0; // cotador de 25 datos para sacar un promedio
int contpeso = 0; // permite contar el numero de muestras del peso
int sysstart = 0; //Variable para iniciar arrancar el sistema
// Variables para almacenar cada toma de datos de la primera rutina
int tempinta1_1;
int huminta1_1;
int tempintb1_1;
int humintb1_1;
int tempexta1_1;
int humexta1_1;
float peso_1;
int estado_1;
int tempinta1_2;
int huminta1_2;
int tempintb1_2;
int humintb1_2;
int tempexta1_2;
int humexta1_2;
float peso_2;
int estado_2;
int tempinta1_3;
int huminta1_3;
int tempintb1_3;
int humintb1_3;
int tempexta1_3;
int humexta1_3;
int tiemporeenvio=0;

// Variable para conteo de envio de datos
int contenviodatos = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(SYSTEMON, OUTPUT); // Configura pin en modo de salida para
encender led
  pinMode(DHTPINVCC, OUTPUT); // Configura pin en modo salida , VCC para
sensores DHT22
  digitalWrite(SYSTEMON, HIGH); // Metodo para llamado de luces led de
encendido del sistema
  myservo.attach(SERVOSG90); // attaches the servo on GIO2 to the servo
object
  systemon(); // llama a la funcion de encendido de led de encendido
  bascula.begin(DOUTPIN, SCKPIN); // iniciar libreria para el pesaje,
asignar los pines asignados
  bascula.set_scale(CALIBRACION); // asigna valor de calibracion para la
bascula
  bascula.tare(); // tara la bascula por una unica vez al encender el
sistema
  Serial.setTimeout(21000); // establece el máximo de milisegundos para
esperar datos en serie
}

void loop()
{
  if (sysstart == 0) // Ingresa solamnete al encendeer el sistema
  {
    Serial.println("Inicio del sistema");
  }
}

```

```

delay(10);
for (int k = 0; k < 800; k++)
{
  delay(50);
  contpeso++; // conteo de veces para conocer el peso actual del sistema
}

if (contpeso == 800)
{
  //Serial.println("inifin");
  delay(10);
  bascula.power_down(); // modulo en modo sleep
  for (int j = 0; j < 29 ; j++) // no cambiar porq es de 4 minutos de
espera
  {
    LowPower.powerDown(SLEEP_8S, ADC_OFF, BOD_OFF); // duerme asta el
proximo reinicio para toma de datos
  }
  delay(981);
  sysstart = 1;
}

if (sysstart == 1)
{
  {
    sensorDHT(); // metodo de lectura de sensor DHT22 Temperatura y Humedad
    metodoPeso(); // medicion de peso de la colmena
    ventilacion(); // Activacion de mecanismo de ventilacion
    delay(2000);
    resultado(); // metodo para resultado de la suma de los promedio y
envios a la plataforma
    recomendacion(); // metodo para emitir una recomendacion de acuerdo al
apicultor
    conteoForsend(); // envio de datos a la nube
    delay(1000);
    recepcion(); // recibe valor por comunicacion serial para solicitud de
reenvio
    modo_sleep(); // ingresar en modo sleep
    reenvio(); // si el valor del reenvio es igual a 1, se reenvia los
datos antes de la primera toma de datos de la primera rutina
    resetear_variables(); // inicializar las variables
  }
}

void reenvio()
{
  if(valor == 1)
  {
    conteoForsend();
    delay(7450);
  }
}

void recepcion() // metodo que recibe valor por comunicacion serial para
solicitud de reenvio de datos
{
  if(contenviodatos == 3 )
  {
    delay(3020);
  }
}

```

```

    if(Serial.available()>0)
    {
        response_value = Serial.readStringUntil('\n'); // Lectura de datos
receptados a traves de la comunicacion serial
        valor= response_value.toInt(); // convierte el valor en tipo int
        Serial.println(valor);

        if(valor == 1) // valor igual a 1
        {
            tiemporeenvio = 1;
        }
        else
        {
            tiemporeenvio = 0;
        }
    }
}

void conteoforsend() // metodo para despertar el modulo de comunicacion
{
    if (contenviodatos == 3 )
    {
        pinMode(PINWAKEUPNODEMCU, OUTPUT); // Configura pin en modo salida para
despertar NodeMCU
        digitalWrite(PINWAKEUPNODEMCU, LOW); // envia un estado bajo al pin RST
del modulo de comunicacion
        delay(50);
        pinMode(PINWAKEUPNODEMCU, INPUT); // Configura pin en modo salida para
despertar WeMos
        delay(500);
        cadenadatos(); // cadena de datos para enviar al modulo de comunicacion
por comunicacion seria
    }
}

void sensordht()
{
    //Serial.println("ini");
    dhtintal.begin(); // inicio de sensor DHT22
    dhtintb1.begin(); // inicio de sensor DHT22
    dhtextl.begin(); // inicio de sensor DHT22
    digitalWrite(DHTPINVCC, HIGH); // Pin 5 activa como salida , utiliza
como VCC de los sensores.
    for (cont = 0; cont < 5 ; cont++)
    {
        delay(2000);

        //Lee los datos y los almacena en las variabes hum y tem
correspondientemente, ademas se modifiko las lecturas que permita calibrar
los sensores

        sensors_event_t eventA;
        dhtintal.temperature().getEvent(&eventA);
        tempintal = eventA.temperature + 0.9;
        dhtintal.humidity().getEvent(&eventA);
        humintal = eventA.relative_humidity - 10.5 ;

        sensors_event_t eventB;
        dhtintb1.temperature().getEvent(&eventB);

```

```

tempintb1 = eventB.temperature ;
dhtintb1.humidity().getEvent(&eventB);
humintb1 = eventB.relative_humidity - 3.3 ;

sensors_event_t eventE;
dhtext1.temperature().getEvent(&eventE);
tempext1 = eventE.temperature - 0.6;
dhtext1.humidity().getEvent(&eventE);
humext1 = eventE.relative_humidity - 14.2;

if (cont == 4)
{
    // Almacena los datos de temperatura y humedad en variables

    if(contenviodatos == 0)
    {
        tempintal_1 = tempintal;
        humintal_1= humintal;
        tempintb1_1 = tempintb1;
        humintb1_1 = humintb1;
        tempextal_1=tempext1;
        humextal_1=humext1;
    }

    if(contenviodatos == 1)
    {
        tempintal_2 = tempintal;
        humintal_2= humintal;
        tempintb1_2 = tempintb1;
        humintb1_2 = humintb1;
        tempextal_2=tempext1;
        humextal_2=humext1;
    }

    if(contenviodatos == 2)
    {
        tempintal_3 = tempintal;
        humintal_3= humintal;
        tempintb1_3 = tempintb1;
        humintb1_3 = humintb1;
        tempextal_3=tempext1;
        humextal_3=humext1;
    }
}

digitalWrite(DHTPINVCC, LOW); // Pin 5 en LOW , apaga los sensores DHT22

//Almacena los datos de temperatura y humedad en una matriz para su
posterior envio
contenviodatos++; // llega a 3 y envia datos a la nube , mientras tanto
utiliza datos para control de ventilador
}

void cadenadatos()
{
    cadena = "{ 't_ina' : " + String(resulprometempintal);
    cadena += " , 'h_ina' : " + String(resulpromehumintal);
    cadena += " , 't_inb' : " + String(resulprometempintb1);
    cadena += " , 'h_inb' : " + String(resulpromehumintb1);
}

```

```

cadena += " , 't_ex' : " + String(resulprometempext1);
cadena += " , 'h_ex' : " + String(resulpromehumext1);
cadena += " , 'pe' : " + String(peso);
cadena += " , 'id_rs' : " + String(result);
cadena += " , 'id_rc' : " + String(recomenda);
cadena += " , 'id_e' : " + String(estado);
cadena += " , 't_ina1' : " + String(tempinta1_1);
cadena += " , 'h_ina1' : " + String(huminta1_1);
cadena += " , 't_inb1' : " + String(tempintb1_1);
cadena += " , 'h_inb1' : " + String(humintb1_1);
cadena += " , 't_ex1' : " + String(tempexta1_1);
cadena += " , 'h_ex1' : " + String(humexta1_1);
cadena += " , 'pe1' : " + String(peso_1);
cadena += " , 'id_e1' : " + String(estado_1);
cadena += " , 't_ina2' : " + String(tempinta1_2);
cadena += " , 'h_ina2' : " + String(huminta1_2);
cadena += " , 't_inb2' : " + String(tempintb1_2);
cadena += " , 'h_inb2' : " + String(humintb1_2);
cadena += " , 't_ex2' : " + String(tempexta1_2);
cadena += " , 'h_ex2' : " + String(humexta1_2);
cadena += " , 'pe2' : " + String(peso_2);
cadena += " , 'id_e2' : " + String(estado_2);
cadena += " , 't_ina3' : " + String(tempinta1_3);
cadena += " , 'h_ina3' : " + String(huminta1_3);
cadena += " , 't_inb3' : " + String(tempintb1_3);
cadena += " , 'h_inb3' : " + String(humintb1_3);
cadena += " , 't_ex3' : " + String(tempexta1_3);
cadena += " , 'h_ex3' : " + String(humexta1_3);
cadena += " ";

Serial.println(cadena);
}

void ventilacion()
{
  if ((tempintb1 <= 35)&&(humintb1 >= 60)) // Condicion para ingresar
dentro del if y activar el mecanismo de ventilacion
  {
    if (estado == 1) // La mecanismo esta cerrado
    {
      girar(0); // no gira
      estado = 1; //Establece el estado en 0
    }
    if (estado == 2) // EL mecanismo esta semiabierto
    {
      girar(2); // giro
      estado = 1; //Establece el estado en 0
    }
    if (estado == 3) // el mecanismo se encuentra abierto
    {
      girar(2); // Gira
      delay(300);
      girar(2); // gira
      estado = 1; //Establece el estado en 0
    }
  }

  if ((tempintb1 >= 36) && (tempintb1 <= 38)&& (humintb1 <= 59)) //
Condicion para ingresar dentro del if y activar el mecanismo de ventilacion
  {
    if (estado == 2) // EL mecanismo esta semi abierto

```

```

    {
    girar(0); // no gira
    estado = 2; // Establece el estado en 1
    }
    if (estado == 1) // El mecanismo esta cerrado
    {
    girar(1); // gira
    estado = 2; // Establece el estado en 1
    }
    if (estado == 3) // El mecanismo esta abierto
    {
    girar(2); // gira
    estado = 2; // Establece el estado en 1
    }
    }

    if ((tempintb1 >= 39) && (tempintb1 <= 41)&&(humintb1 <= 50)) //Condicion
para ingresar dentro del if y activar el mecanismo de ventilacion
    {
    if (estado == 3) // EL mecanismo esta abierto
    {
    girar(0); // no gira
    estado = 3; // Establece el estado en 2
    }
    if (estado == 1) // EL mecanismo esta cerrado
    {
    girar(1); // gira
    delay(300);
    girar(1); // gira
    estado = 3; // Establece el estado en 2
    }
    if (estado == 2) // // EL mecanismo esta semi abierto
    {
    girar(1); // gira
    estado = 3; // Establece el estado en 2
    }
    }
    }

void girar (int num)
{
    switch (num)
    {
    case 0: // el servomotor no gira
        for(int j=0; j<10 ; j++)
        {
            myservo.write(90); // el servomotor no gira
            delay(100);
            myservo.write(90); // el servomotor no gira
            delay(400);
        }
        break;
    case 1: //
        for(int j=0; j<10 ; j++)
        {
            myservo.write(0); // Abrir la ventilacion
            delay (100); // tiempo que el motor gire
            myservo.write(90); // el servomotor se detiene
            delay(400);
        }
        break;
    }
}

```

```

    case 2:
        for(int j=0; j<10 ; j++)
        {
            myservo.write(180); // Cerrar la ventilacion
            delay (100);        // tiempo que el motor gire
            myservo.write(90); // el servomotor se detiene
            delay(400);
        }
        break;
    }
}

void resetear_variiables() // resetea todas las variables para la
proxima vez que despierte
{
    contpeso = 0;
    cont = 0;
    cadena = "";
    if (contenviodatos == 3)// resetea las variables al momento de terminar
la 2° rutina
    {
        resulprometempintal = 0;
        resulpromehumintal = 0;
        resulprometempintbl = 0;
        resulpromehumintbl = 0;
        resulprometempextl=0;
        resulpromehumextl = 0;
        contenviodatos = 0;
        valor=0;
        tiemporeenvio=0;
    }
}

void systemon () // Iluminacion que muestra el encendido del sistema
{
    digitalWrite(SYSTEMON, HIGH); // Led encendido para indicar el encendido
del sistema
    delay (150);
    digitalWrite(SYSTEMON, LOW); // led apagado
    delay (150);
    digitalWrite(SYSTEMON, HIGH); // led encendido
    delay (150);
    digitalWrite(SYSTEMON, LOW); // led apagado
    delay (150);
    digitalWrite(SYSTEMON, HIGH); // led encendido
    delay (150);
    digitalWrite(SYSTEMON, LOW); // led apagado
    delay(250);
}

void modo_sleep() // metodo de entrar en modo sleep
{
    //Serial.println("fin");
    delay(10);
    //for (int i = 0; i < (432 - tiemporeenvio ); i++) /// permite aumentar
el tiempo que permanece en modo sleep 431
    for (int i = 0; i < (8 - tiemporeenvio ); i++) /// permite aumentar el
tiempo que permanece en modo sleep 431
    {
        LowPower.powerDown(SLEEP_8S, ADC_OFF, BOD_OFF); // Modo maximo de ahorro
de energia , duerme durante 8 segundos y despierta para incrementar la i

```

```

    }
    delay(2000);
}

void metodopeso() // Metodo para obtener el peso de la colmena
{
    contpeso=0;
    bascula.power_up(); // Sale del modo Sleep el modulo HX711
    delay(50);
    //112
    for (int i = 0; i < 53; i++)
    {
        contpeso++;
        delay(50);
    }

    if (contpeso == 53)
    {
        if(contenviodatos ==1)
        {
            delay(50);
            peso_1 = (bascula.get_units() * -2.2 );
            delay(3595);
        }

        if(contenviodatos ==2)
        {
            delay(50);
            peso_2 = (bascula.get_units() * -2.2 );
            delay(3595);
        }

        if(contenviodatos ==3)
        {
            delay(50);
            peso = (bascula.get_units() * -2.2 );
        }
        bascula.power_down(); //Entra en modo sleep asta la proxima toma de
datos
        delay(50);
    }
}

void resultado ()
{
    if(contenviodatos == 1)
    {
        estado_1 = estado;
    }
    if(contenviodatos == 2)
    {
        estado_2 = estado;
    }

    if (contenviodatos == 3)
    {
        resulprometempintal = ( tempintal_1 + tempintal_2 + tempintal_3 ) / 3;
// Sumatoria de los promedios de temperatura A dividido para 3
        resulpromehumintal = ( humintal_1 + humintal_2 + humintal_3 ) / 3; //
Sumatoria de los promedios de humedad A dividido para 3
    }
}

```



```

    resulprometempintb1 = ( tempintb1_1 + tempintb1_2 + tempintb1_3 ) / 3;
// Sumatoria de los promedios de temperatura B dividido para 3
    resulpromehumintb1 = ( humintb1_1 + humintb1_2 + humintb1_3 )/ 3; //
Sumatoria de los promedios de humedad B dividido para 3
    resulprometempext1 = ( tempexta1_1 + tempexta1_2 + tempexta1_3 )/ 3; //
Sumatoria de los promedios de temperatura exterior dividido para 3
    resulpromehumext1 = ( humexta1_1 + humexta1_2 + humexta1_3 )/ 3; //
Sumatoria de los promedios de humedad A exterior para 3
    }
}

void recomendacion()
{
    if (contenviodatos == 3)
    {
        if ( resulprometempintb1 <= 17 ) // temperatura promedio inferior a 17,
es muy frio y estado peligroso
        {
            result = 1;
            recomienda = 3;
        }

        if ( (resulprometempintb1 >= 18 ) && (resulprometempintb1 <= 21)&&
(resulpromehumintb1 >= 90)) // temperatura promedio entre 18 - 21 °C y
humeda mayor 90 , es frio y prevencion
        {
            result = 2;
            recomienda = 2;
        }

        if ( (resulprometempintb1 >= 21 )&& (resulprometempintb1 <= 35)) ////
temperatura promedio entre 21 - 35 , es calido y estado normal
        {
            result = 3;
            recomienda = 1 ;
        }

        if ( (resulprometempintb1 >= 36) && (resulprometempintb1 <= 37)) //
temperatura promedio entre 36-37 , es muy caluroso y necesita prevencion
        {
            result = 4;
            recomienda = 2 ;
        }

        if ( resulprometempintb1 >= 38 ) // tempeatura mayor 38 necesita
atencion , peligroso
        {
            result = 5;
            recomienda = 3;
        }
    }
}

```

## 8.5. Anexo E. Código de programación del módulo de comunicación.

```

// Permite conectarse a la red
#include <ESP8266WiFi.h>
// Acceda al servidor web usando HTTPS.
#include <WiFiClientSecure.h>

```

```

// Biblioteca que contiene conjunto de funciones para manipular cadenas:
#include <String.h>

// Algoritmo de hash seguro de 256 bits" y se utiliza para la seguridad
criptográfica
#include "sha256.h"

//Codificador/decodificador Base64
#include "Base64.h"

// Biblioteca para realizar fácilmente solicitudes HTTP GET, POST y PUT a
un servidor web.
#include <ESP8266HTTPClient.h>

// START: Azure Evet Hub Configuraciones
const char* KEY = "3zMh7E74oQ2vxEHxMZLwrkVFR3Tjux8QeCb09iXgc+o="; //
event hub llave de acceso al recurso del evento principal

const char* KEY_NAME = "RootManageSharedAccessKey"; // event
hub Nombre llave ( policy name) politica del evento principal

const char* HOST = "event-iot-
bee.servicebus.windows.net"; // event hub Nombre (name of
service bus) del recurso principal

const char* END_POINT = "/event-iot-bee/messages"; // name
of the evnthub which we create inside eventhub namespace .Evento creado
dentro del recurso

// END: Azure Evet Hub Configuraciones

// START: WiFi Configuracion
const char* SSID = "WLANLL"; // SSID del AP
const char* PASSWORD = "LALP100356623701230"; // Password del AP
//const char* SSID = "Sysmarc_Flia.Noquez"; // SSID del AP
//const char* PASSWORD = "no12@25que10"; // Password del AP

// END: WiFi Configuracion

// START : Variables utilizadas
String request;
String data;
String fullSas;
String cadena;
String GetUrl;
String response;
String timeS;
int estado = 2; //variable para activacion de metodos
int contrenvio = 0;
int codigo = 1;

```

```

//END : Variables utilizadas

#define LEDSENDATA D1 // Pin para el LED, alerta de envio de datos a la
nube

WiFiClientSecure client; // instancia para la conexión y el intercambio de
de datos con servidores y clientes utilizan un protocolo seguro
HTTPClient http; // instancia de clase actúa como una sesión para enviar
solicitudes HTTP

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial.setRxBufferSize(1024); // cambia la capacidad del bufer del modulo
de comunicacion
    pinMode(LEDSENDATA, OUTPUT); // Configura pin en modo de salida para
encender led
    WiFi.mode(WIFI_STA);

    // START: Codificación de URL
    String url = "https://" + (String)HOST + (String)END_POINT;
    url.replace(":", "%3A");
    url.replace("/", "%2F");
    //Serial.println(url);
    // END: Codificación de URL

    // START: Create SAS Control de acceso con firmas de acceso compartido
    int expire = 1711104241;
    String stringToSign = url + "\n" + expire;
    // END : Create SAS

    // START: Crear una firma --> algoritmo de hash seguro de 256 bits" y se
utiliza para la seguridad criptográfica.
    Sha256.initHmac((const uint8_t*)KEY, 44);
    Sha256.print(stringToSign);
    char* sign = (char*) Sha256.resultHmac();
    int signLen = 32;
    // END: Crear una firma

    // START: Get base64 of signature
    int encodedSignLen = base64_enc_len(signLen);
    char encodedSign[encodedSignLen];
    base64_encode(encodedSign, sign, signLen);

```

```

String encodedSas = (String) encodedSign;
// Naive URL encode
encodedSas.replace("=", "%3D");
// END: Get base64 of signature

// SharedAccessSignature --> Firmas de acceso compartido
fullSas = "sr=" + url + "&sig=" + encodedSas + "&se=" + expire + "&skn=" +
KEY_NAME;
// END: create SAS

Serial.setTimeout(10000);

// START: Wifi connection
WiFi.begin(SSID, PASSWORD);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
    delay(1000);
//    Serial.print(".");
    contrenvio++;

    if(contrenvio==5)
    {
        resend_request(); // solicitud de reeevio
        dormir(); // activa modo sleep
    }
}

// Serial.println("");
// Serial.println("WiFi connected");
// Serial.println("IP address: ");
// Serial.println(WiFi.localIP());
// END: Wifi connection

// START : Obtener hora y fecha actual de internet

GetUrl = "http://worldtimeapi.org/api/timezone/America/Guayaquil";
http.setTimeout(5000); // establece el máximo de milisegundos para esperar
datos en serie

http.begin(GetUrl); // Inicia solicitud con el servidor a la direccion
establecida

int httpCode = http.GET(); // solicitar datos de un recurso específico

```

```

    if (httpCode > 0)
    {
        if (httpCode == HTTP_CODE_OK) // tipo de respuesta del code 200 == OK
        {
            response = http.getString(); // almacena la respuesta en una
            variable
            int beginS = response.indexOf("2022"); //Localiza un carácter o una
            cadena dentro de otra cadena. De forma predeterminada, busca desde el
            principio de la cadena
            int endS = response.indexOf("-05:00"); //Localiza un carácter o una
            cadena dentro de otra cadena. De forma predeterminada, busca desde el
            principio de la cadena
            timeS= response.substring(beginS,endS); // extrae caracteres
            desde beginS hasta endS sin incluirlo
        }

    }

    http.end();
    // END : Obtener hora y fecha
}

void loop() {

    WiFiClientSecure client;
    if (!client.connect(HOST, 443))
    {
        Serial.println("connection failed");
        delay(1000);
        resend_request();
        dormir();
        return;
    }

    if(Serial.available()>0)
    {
        cadena = Serial.readString(); // Lectura de datos receptados a traves de
        la comunicacion serial
        // Serial.println(sizeof(cadena));
        // delay(10);
        // Serial.println(cadena.length());
    }
}

```

```

    delay(10);
    estado = 1;
}
delay(3000);

if(estado == 1)
{
    cadena += " , 'fecha_hora' : "; // añade la etiqueta
    cadena += timeS; // añade la fecha y hora a la cadena
    cadena += " , 'cod' : " + String(codigo);
    cadena += " }";
// Serial.println(sizeof(cadena));
// delay(10);
// Serial.println(cadena.length());
// delay(10);

    request = String("POST ") + END_POINT + " HTTP/1.1\r\n" +
        "Host: " + HOST + "\r\n" +
        "Authorization: SharedAccessSignature " + fullSas + "\r\n"
+
        "Content-Type: application/atom+xml;type=entry;charset=utf-
8\r\n" +
        "Content-Length: " + cadena.length() + "\r\n\r\n" +
        cadena; // envio de datos al sistema

    Serial.println(request);
    ledsend();
    client.print(request);
    delay(3000);
    estado = 2; // cambia de valor a la variable dato e ingresa al metodo
dormir.

}

if(estado == 2)
{
    dormir(); // llama al metodo dormir

}
}

```

```

void dormir()
{
    delay(10);
    ESP.deepSleep(0); // Pone en modo sleep al modulo de comunicacion
}

```

```

void ledsend() // Iluminacion que muestra el encendido del sistema
{
    delay (150);
    digitalWrite(LEDSENDDATA, HIGH); // Led encendido para indicar el
encendido del sistema
    delay (150);
    digitalWrite(LEDSENDDATA, LOW); // led apagado
    delay (150);
    digitalWrite(LEDSENDDATA, HIGH); // led encendido
    delay (150);
    digitalWrite(LEDSENDDATA, LOW); // led apagado
    delay (150);
    digitalWrite(LEDSENDDATA, HIGH); // led encendido
    delay (150);
    digitalWrite(LEDSENDDATA, LOW); // led apagado
}

```

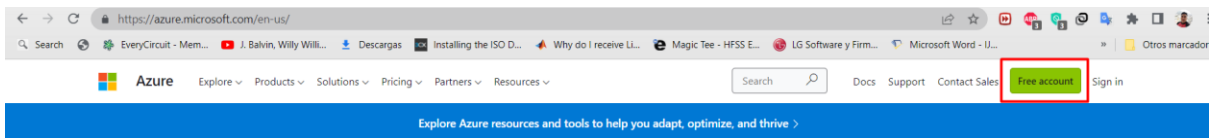
```

void resend_request() // requiere un reenvio de datos
{
    Serial.println("");
    Serial.println("1");
    delay(50);
}

```

## 8.6. Anexo F. Creación de cuenta y recursos en Azure

Para la creación de la cuenta en la plataforma de Azure Microsoft se debe dirigir a la siguiente dirección y crear una cuenta gratuita para la realización del proyecto, La cuenta gratuita tiene la duración de un mes, posterior a este periodo, se debe pagar por los recursos utilizados.

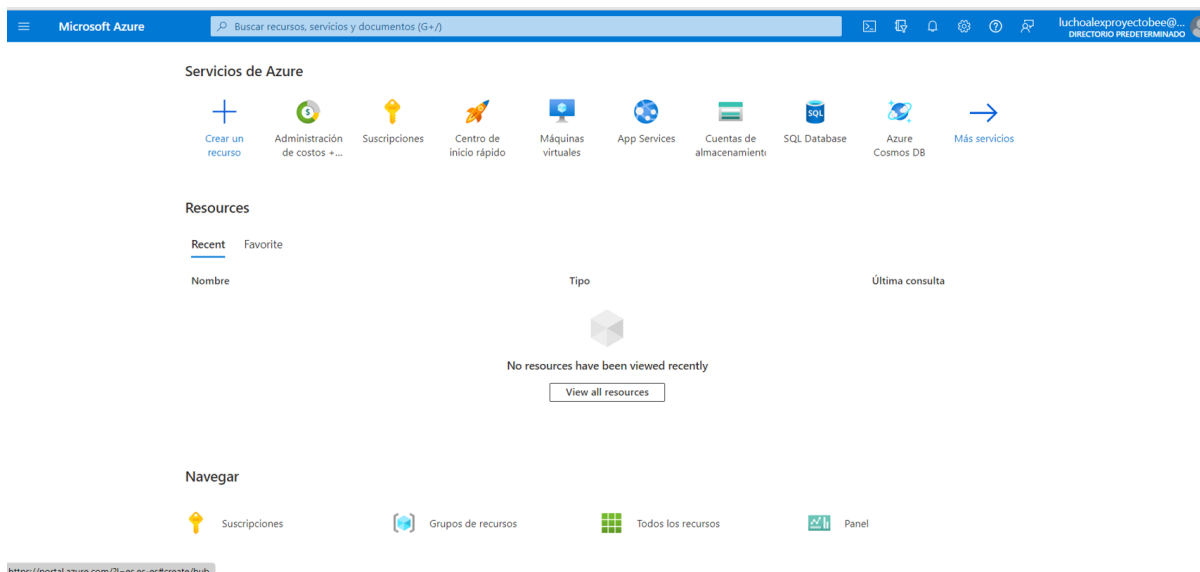


Para crear una cuenta es necesario tener registrado un correo electrónico en Microsoft, además una tarjeta de crédito que no tiene cargos durante el mes de gratuidad, posterior a ello se generan gastos que se deberán cancelar al final de cada mes.

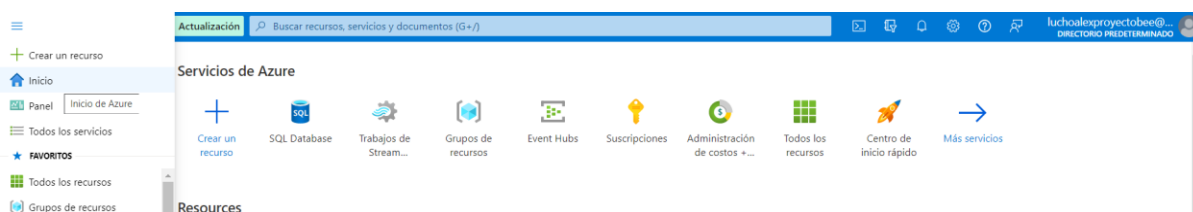
A screenshot of the Azure account creation form. The left side shows a payment card form with fields for: 'Nombre del titular de la tarjeta' (Andres Guel), 'Número de tarjeta' (5...3), 'Expira' (10/25), 'CVV' (418), 'Dirección (línea 1)' (El Milagro), 'Dirección línea 2 (Opcional)' (Cerezo y Durazno), 'Ciudad' (Ibarra), and 'Código postal' (100102). The right side features a dark panel with a blue header 'USD200 de crédito para usar en los primeros 30 días' and a section titled 'Sin cargos automáticos' with explanatory text. A 'Chatear con ventas' button is at the bottom right.

Una vez registrado, se ingresa al sistema y se procede a crear los recursos adecuados, que el administrador considere conveniente para el desarrollo del proyecto.

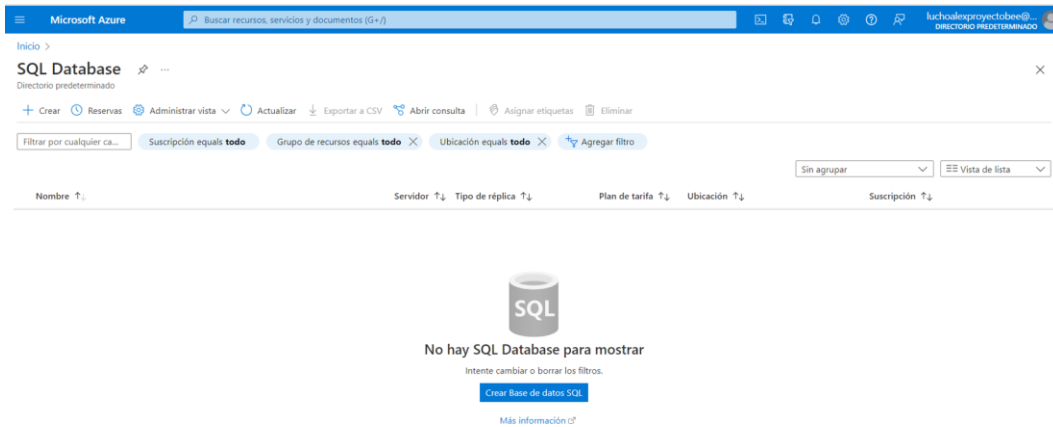




Se debe dirigir a inicio y en el buscador, ingresar el nombre del servicio o recurso que se pretende crear. Algunos recursos son gratuitos durante un año, o para siempre, o no tienen ninguna gratuidad.



Para el almacenamiento de la información se creará el servicio SQL Database. Los datos captados por el módulo de procesamiento, son almacenados en la base de datos para su posterior tratamiento y visualización del apicultor. Se busca el servicio en el buscador y se ingresa en el mismo para la creación y configuración del servicio.

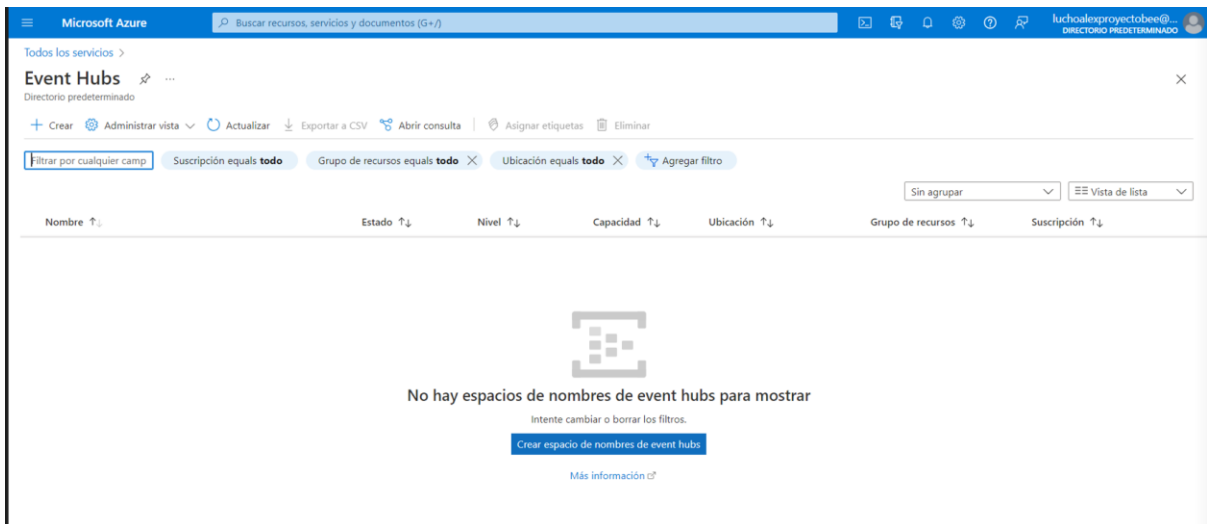


Seleccionar crear y se ingresa el nombre del servidor, se selecciona la ubicación del servicio, además de necesita usuario para ingresar en modo administrador y contraseña, (Importante recordar para ingresar a la base de datos posteriormente de forma remota)

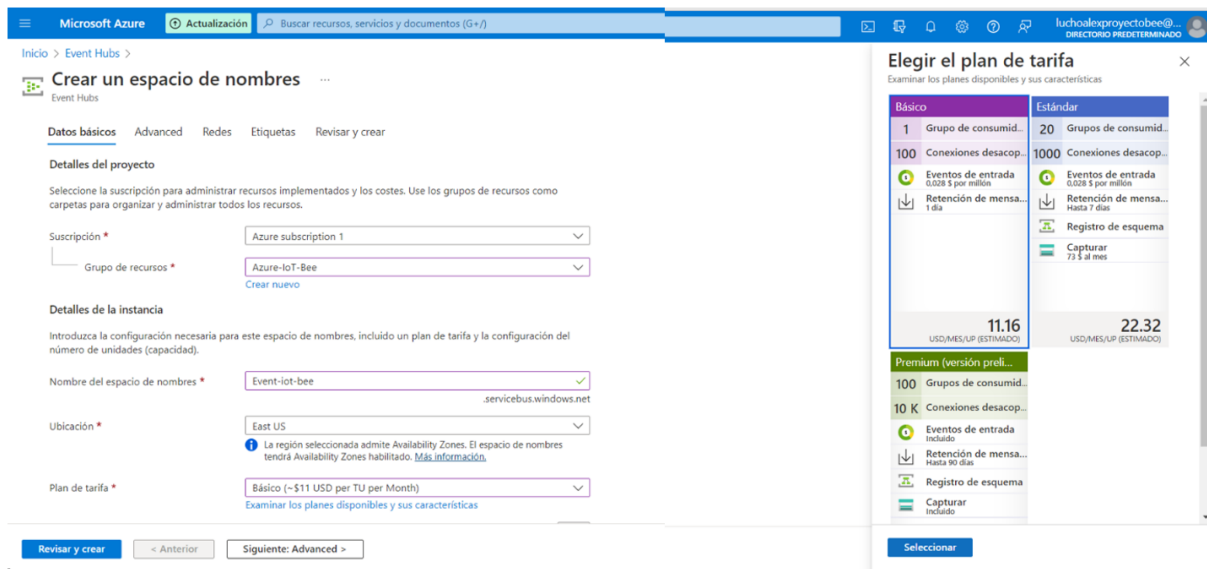
De acuerdo al tamaño de almacenamiento de la base de datos, el precio por uso del mismo, tiene a aumentar, es recordable utilizar una base de datos de acuerdo a la solución del proyecto planteado.

Es importante habilitar dentro del SQL server una regla que permita conectarse con SQL server de forma remota a través de una dirección pública fija, la cual se debe ingresar y permitir que la dirección ip publica pueda acceder al recurso.

Se procede a crear el servicio de Event Hub, este servicio permite receptor eventos de diferentes dispositivos IoT, los eventos son receptados y son redirigirlos a un servicio donde los datos sean tratados y almacenados correctamente. Este servicio tiene la capacidad de almacenar los datos por un día, mas no tiene la facultad de almacenar información de larga duración.

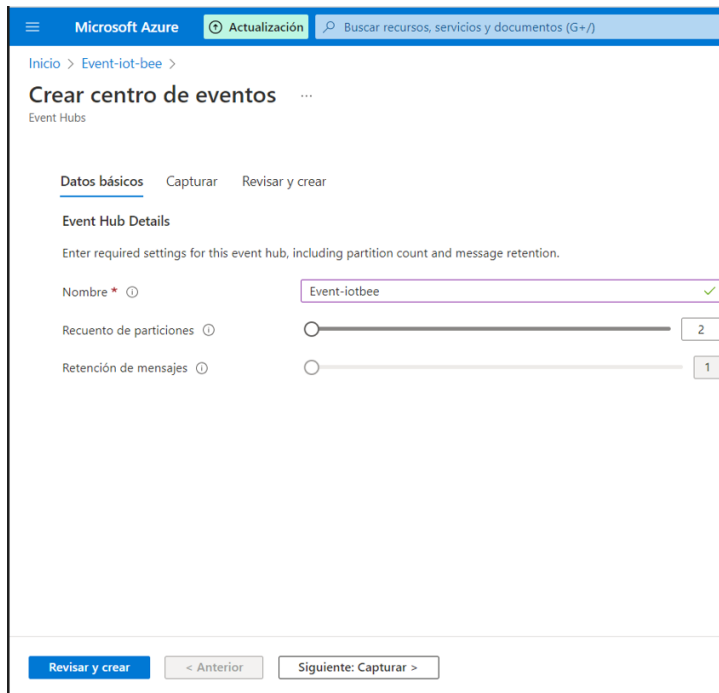


Se crea un evento dentro del servicio y por lo cual se le asigna un nombre y elige la suscripción anteriormente realizada, de igual forma se indica la ubicación del servicio y el plan a elegir, esto sucede porque el servicio no tiene gratuidad, por lo que es necesario contratar el servicio, los planes son seleccionados de acuerdo a el tipo de solución de IoT y cantidad de eventos aproximadamente a recibir, el escalable en cualquier momento. Como se puede observar el plan más económico es de \$ 11.16 mensuales.

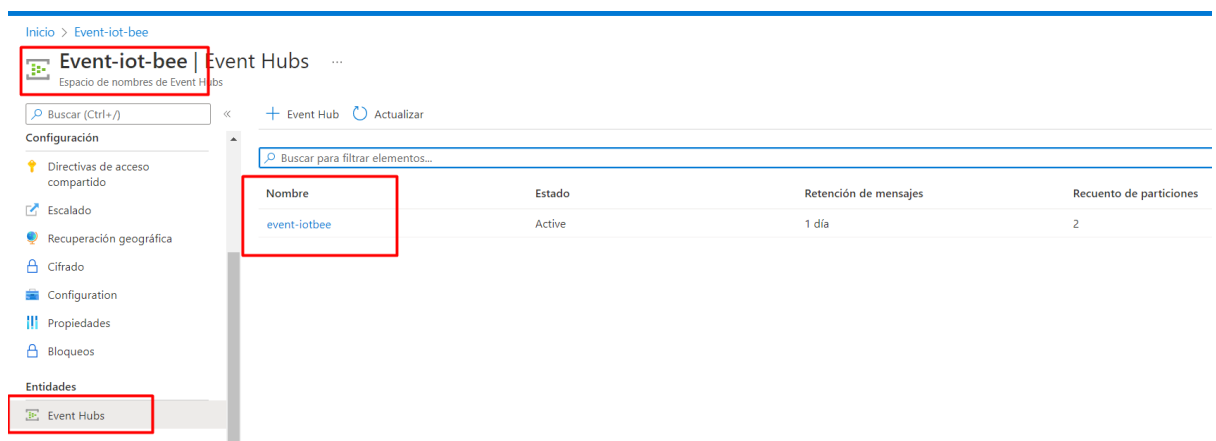


Le agregamos características al evento que se va a crear, para lo cual agregamos un nombre y un numero de particiones, el número de particiones mínimo es 2, de acuerdo a la

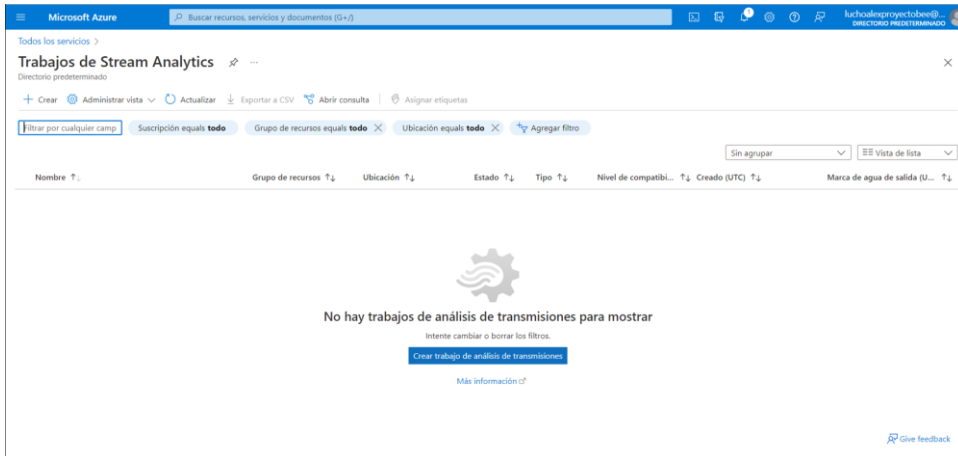
cantidad flujo de datos se agrega particiones, mientras mayor número de particiones mayor es la cantidad de eventos capaces de administrar.



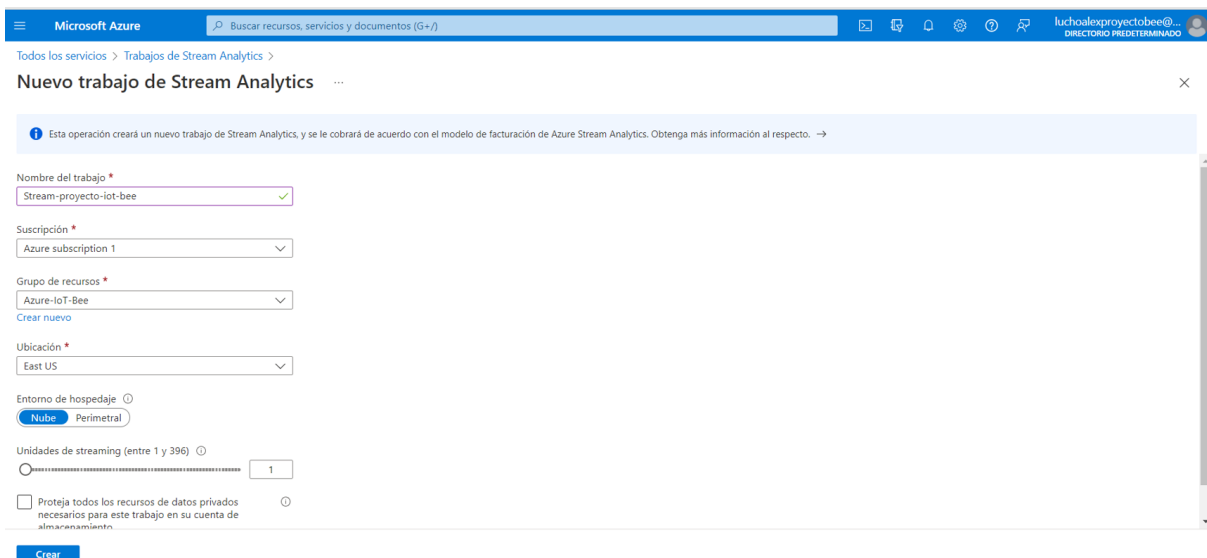
En la siguiente figura se puede apreciar el evento creado, el evento creado recepta los eventos enviados desde el módulo de comunicación con los datos tomados desde módulo de toma de datos.



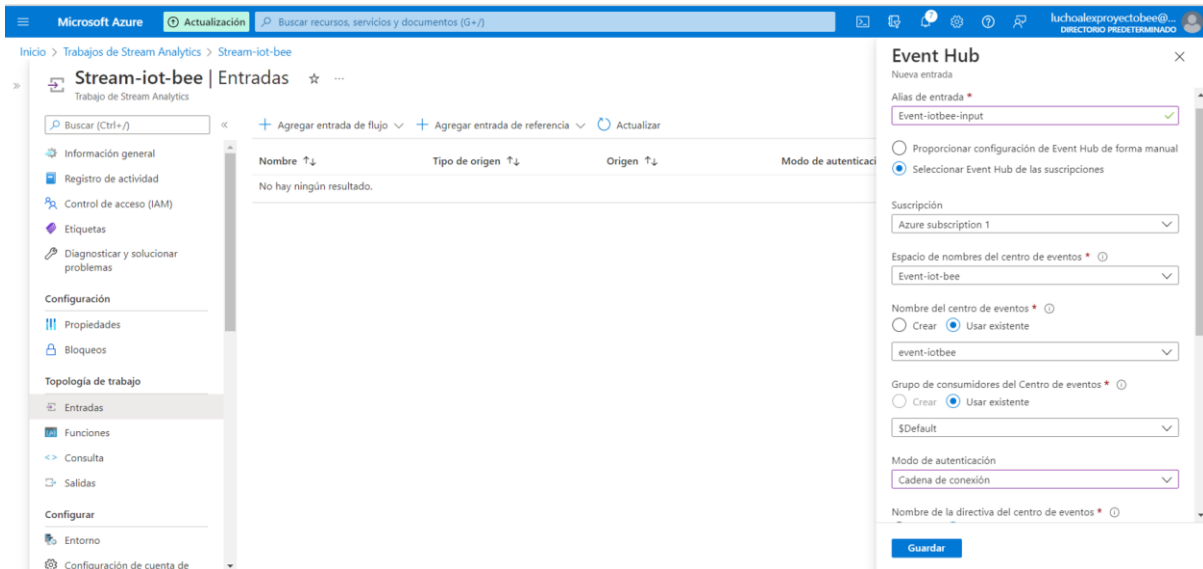
Stream Analytics se ingresa en el buscador y procede con la correspondiente creación y configuración del mismo. El servicio permite el tratamiento de la información y el almacenamiento de la información en la base de datos.



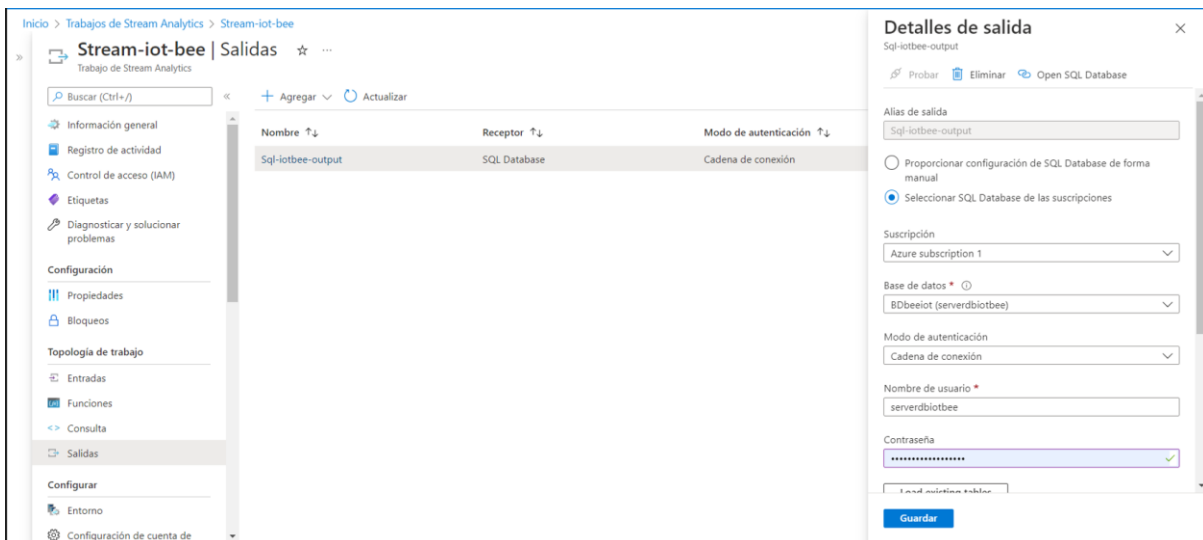
Se procede a crear un trabajo en el servicio Stream Analytics, el cual va a permitir recibir los datos desde el servicio de Event Hub y redirigir los datos a la base de datos **BDbeeiot**. Se debe ingresar un nombre de trabajo, la suscripción ya creada, la ubicación donde se ejecuta el servicio. Se configura las unidades de streaming (SU) que se interpreta como los recursos informáticos que necesita el servicio para realizar el trabajo, cada SU tiene la capacidad de procesar aproximadamente 1 MB/s de entrada. Es recomendable que la métrica de uso de Unidades de streaming se mantengan por debajo del 80 %, caso contrario puede existir que información quede pendiente.



Se crea el recurso y dentro de la misma se configura un evento o flujo de entrada de información, el cual se agrega un nombre, el nombre del evento anterior creado y las llaves compartidas creadas dentro del recurso Event HUB.

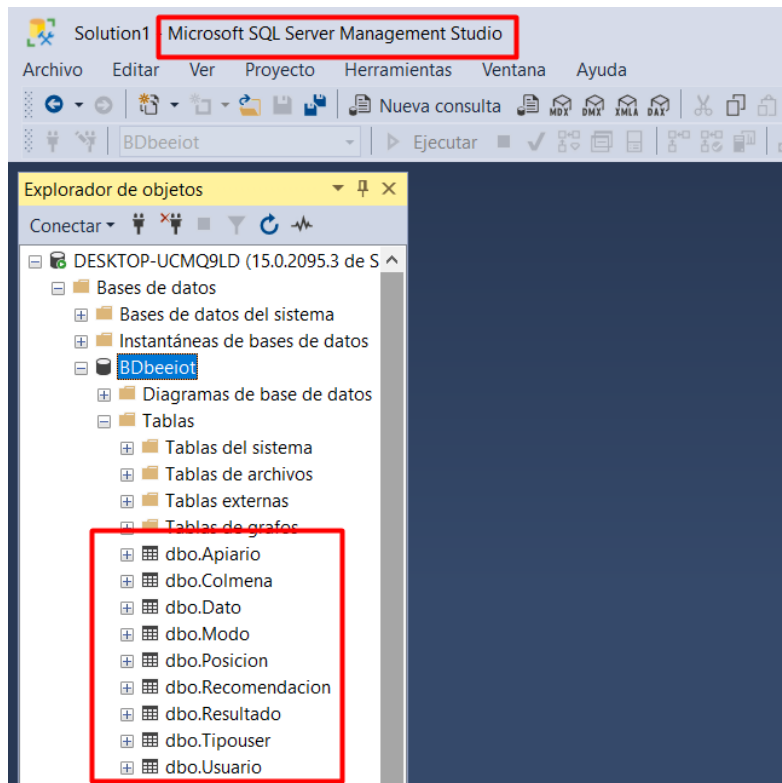


Ahora se procede a crear como salida, el servicio de base de datos de SQL Database, se selecciona el nombre de a base de datos, y se ingresa el nombre de usuario y password, si todo es correcto, se cargan los nombres de las tablas que contiene la base de datos, y al final se selecciona una en particular en cual se almacenara los datos que son receptados desde el módulo de comunicación.



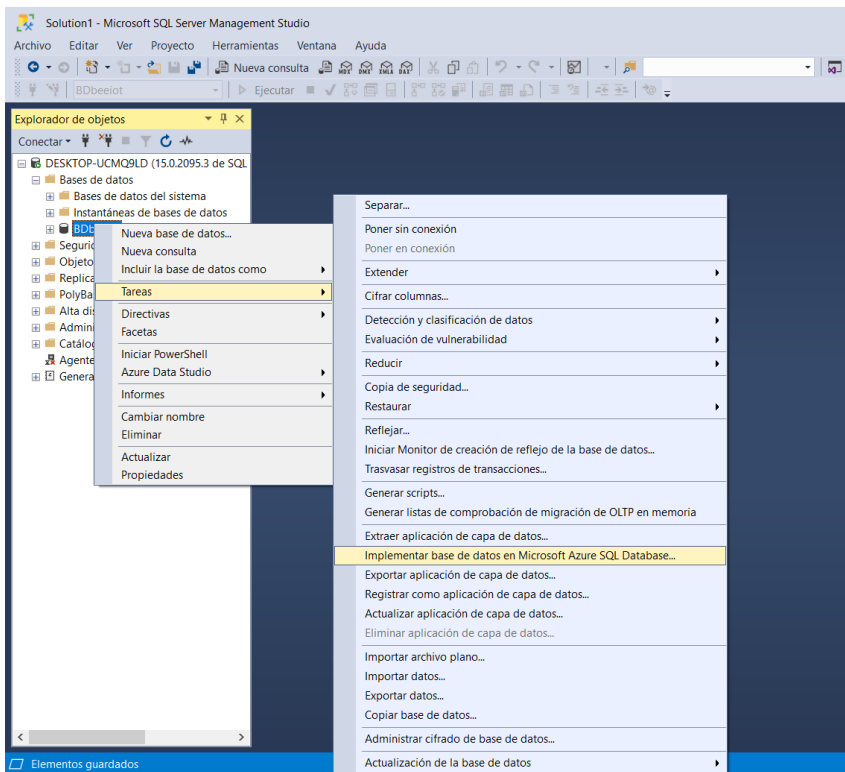
## 8.7. Anexo G. Implementación de Base de Datos en Azure SQL Database.

En la Figura se observa la base de datos diseñada en Microsoft SQL Server Management Studio y con sus respectivas tablas, las cuales serán implementadas en Azure SQL Database.

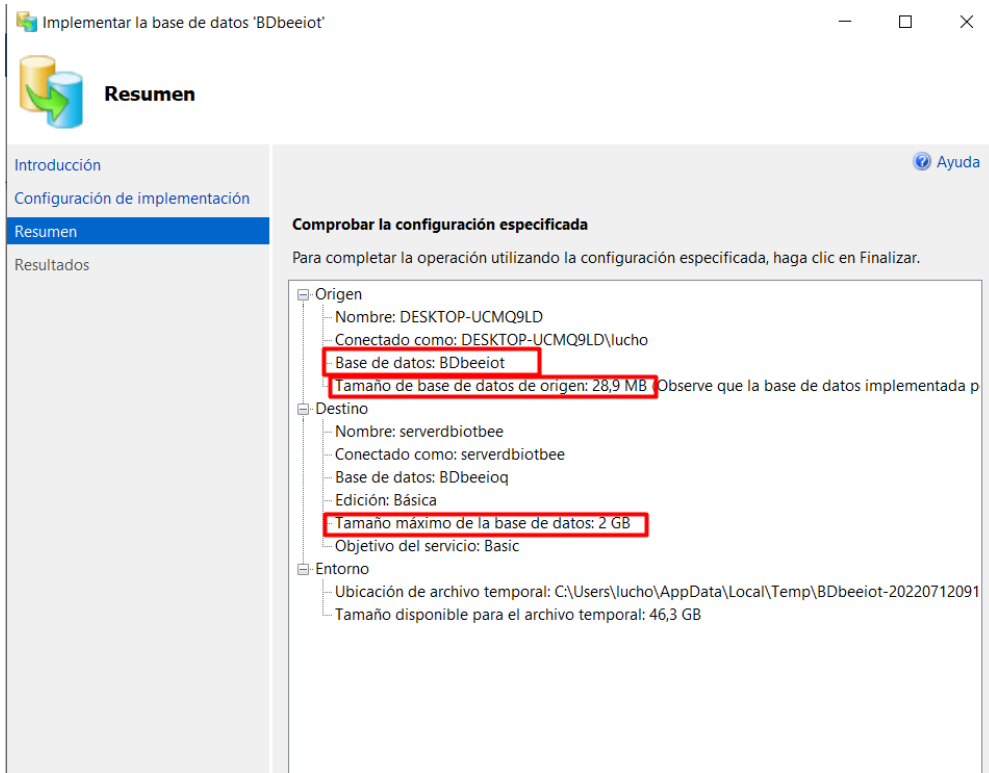


En la Figura indica los pasos para realizar una copia por lo cual se realiza click derecho en la base de datos, seleccionamos tareas e implementar base de datos en Azure SQL Database

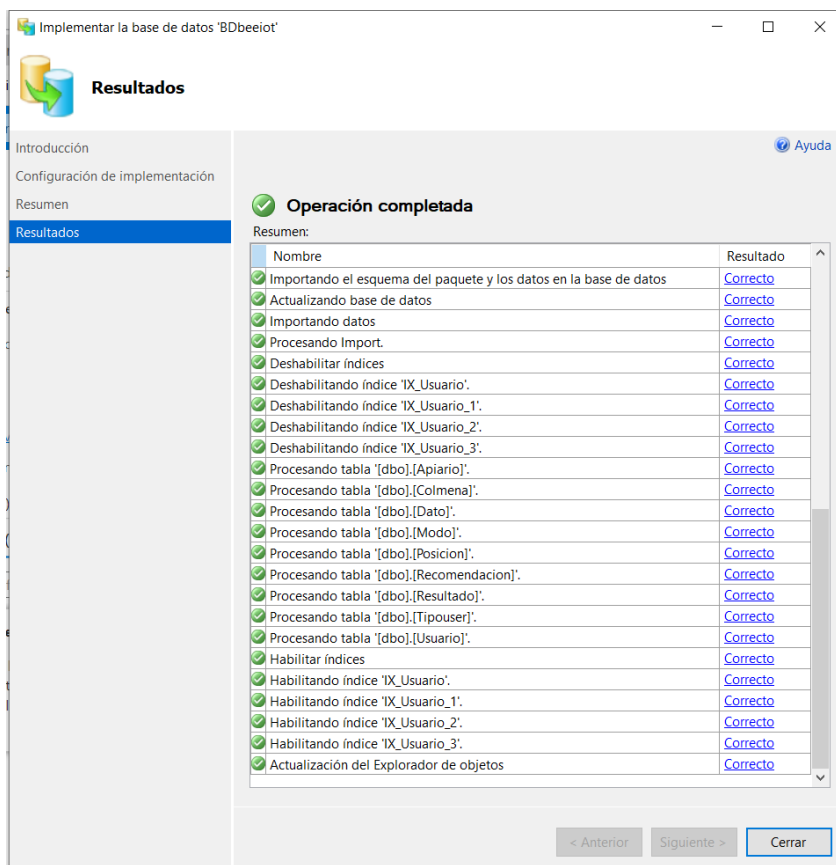




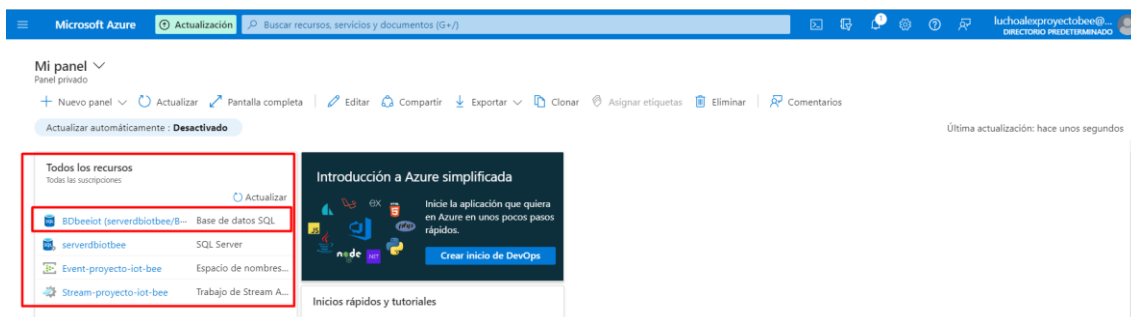
En la Figura muestra un resumen de la base de datos que se implementara y el tamaño actual de la base de datos, además muestra el destino de la base de datos, como es Server SQL el tipo de servicio utilizado y el tamaño máximo de la base de datos.



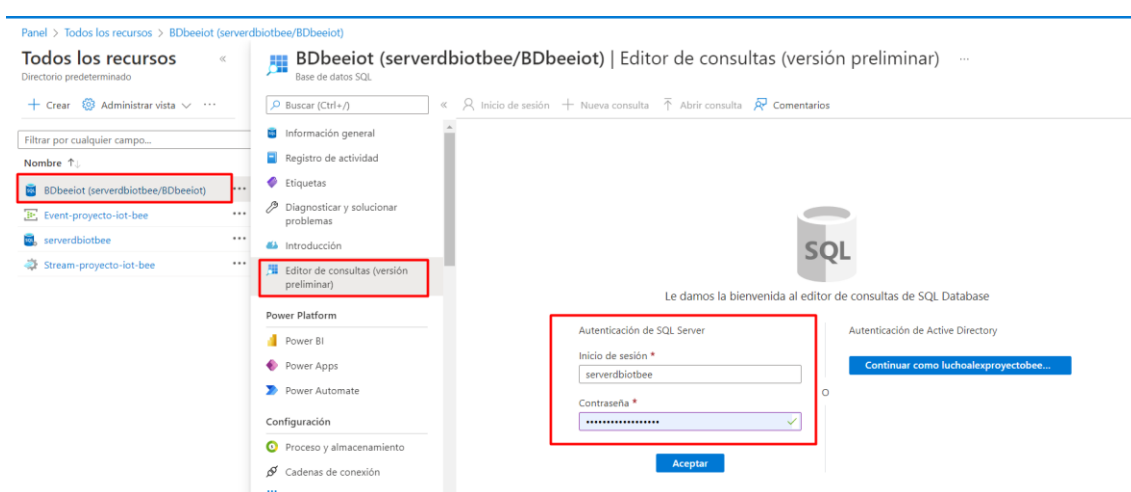
En la Figura muestra que la operación se realizó todo correctamente y la base de datos ya se encuentra en la plataforma de Microsoft Azure en el servicio de SQL Database.



Se ingresa en el panel principal de la página de Microsoft Azure, la base de datos aparecerá en el panel, en la lista de recurso. La base de datos es implementada desde Microsoft SQL Server Management Studio 18.



Para observar las tablas dentro de la base de datos, se debe ingresar al servicio de base de datos y en Editor de consultas, se ingresa las credenciales para SQL Server.



Una vez dentro de la base de datos se pueden observar todas las tablas que contiene la misma. Además, se pueden realizar consultas para observar la información que contiene cada una de ellas.

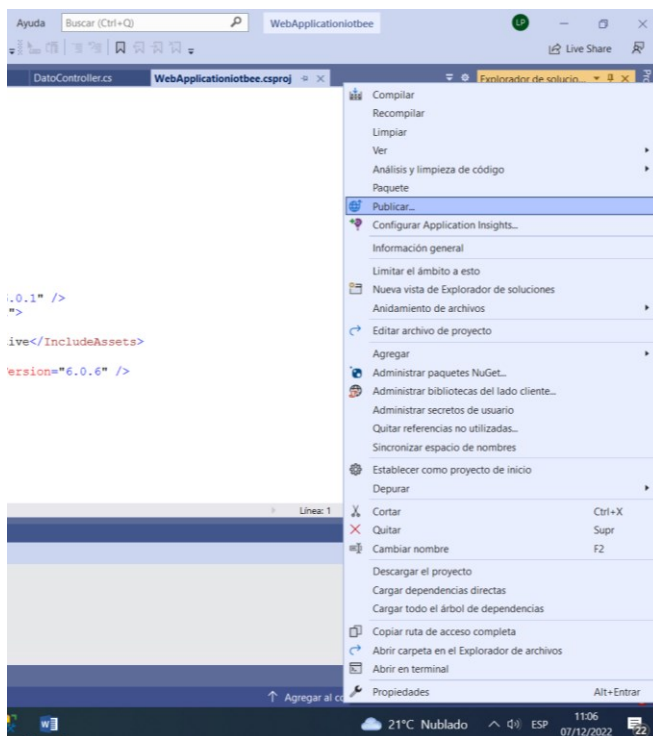
Mediante una consulta SQL en una tabla específica, puede acceder a la información que contiene la misma. En la presente tabla se muestra la tabla “usuario” que contiene la siguiente información.

The screenshot shows the SQL Server Enterprise Manager interface. On the left, the 'Server Explorer' pane is open, showing the 'dbo.Usuario' table selected. The main window displays a query: `SELECT TOP (1000) * FROM [dbo].[Usuario]`. Below the query, the 'Results' pane shows the following data:

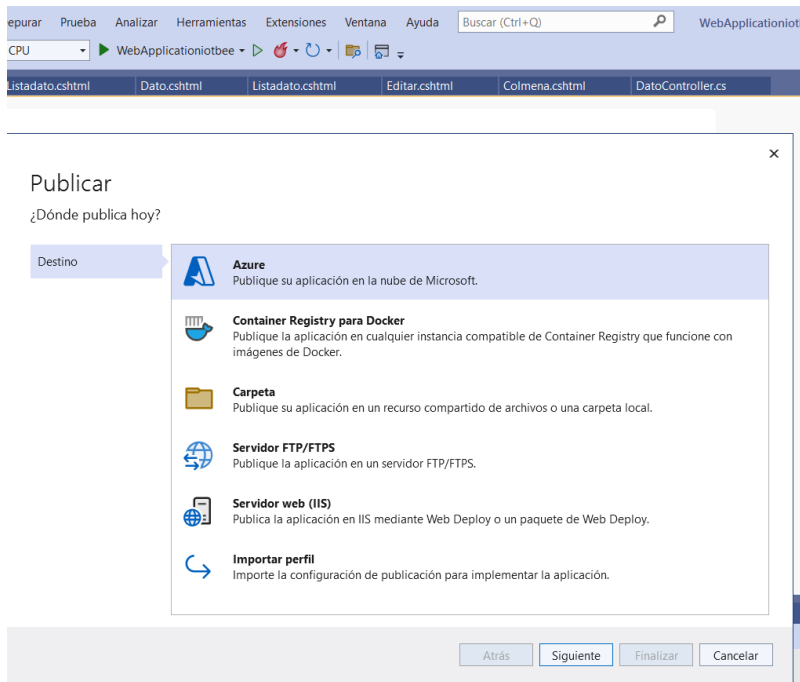
| id_usuario | cedula     | nombres        | apellidos             | celular   | correo_e                | domicilio |
|------------|------------|----------------|-----------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| 2          | 1003566237 | Luis Alexander | Lima Pambaquishpe     | 988385720 | luchoalex1212@gmail.com | Milagro   |
| 3          | 1002003004 | Luis Rigoberto | Pambaquishpe Ibadango | 985741234 | Apicultor@gmail.com     | Imbaya    |

## 8.8. Anexo H. Implementar Pagina WEB en App Service

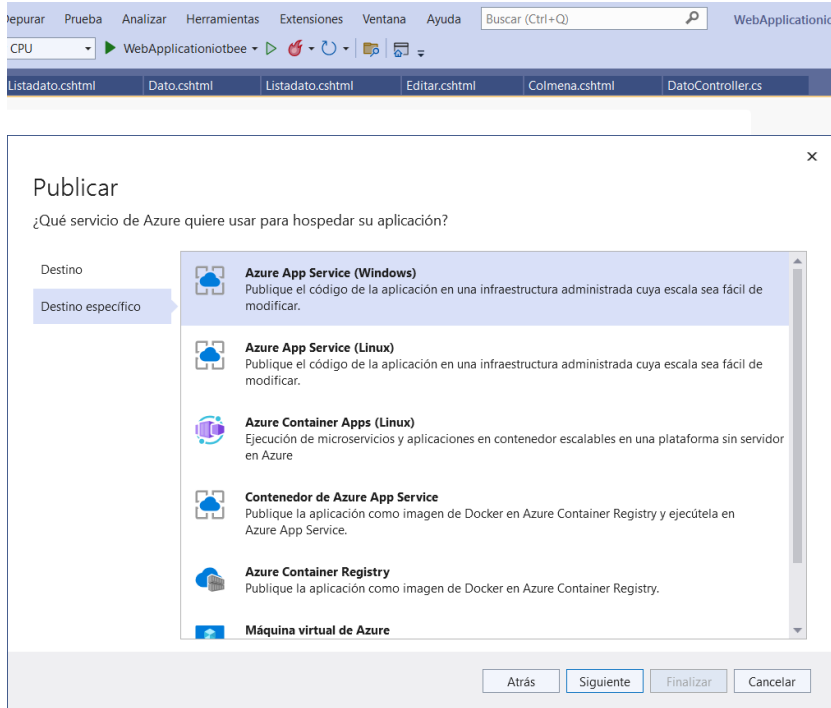
El diseño de la página Web se realizó en software Microsoft Visual Studio 2022, el cual tiene la capacidad de establecer conexión con la plataforma a utilizar para el desarrollo del sistema, por lo tanto, una vez terminado de realizar todo el diseño de la página Web del Sistema Strong-Bee, se procede a subir a un recurso llamado App Service de la plataforma Azure Microsoft, el cual es un servicio dedicado al hospedaje de aplicaciones Web. Por lo cual se hace clic derecho en el proyecto, y se busca publicar



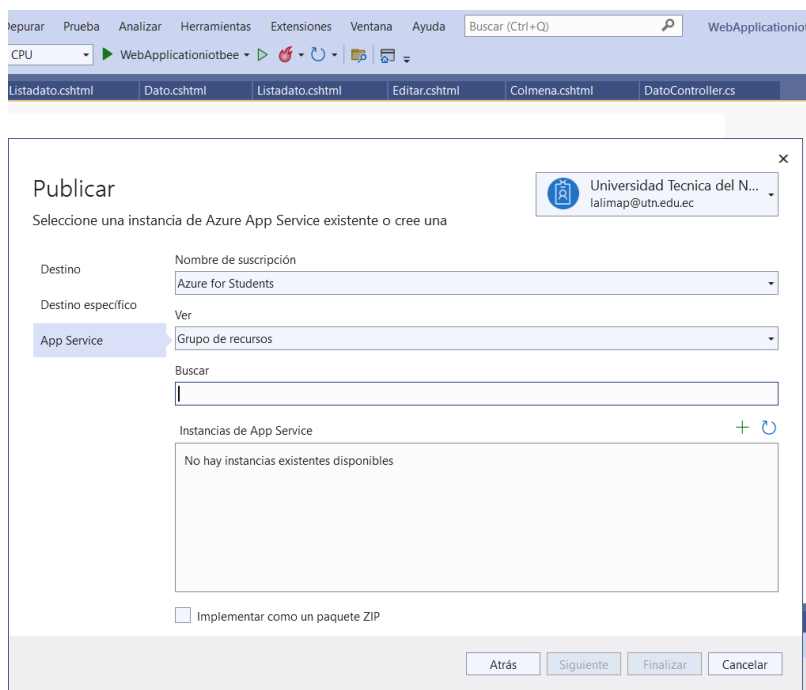
Seleccionar donde deseamos publicar la página web, en nuestro caso, se publica en la nube de Microsoft.



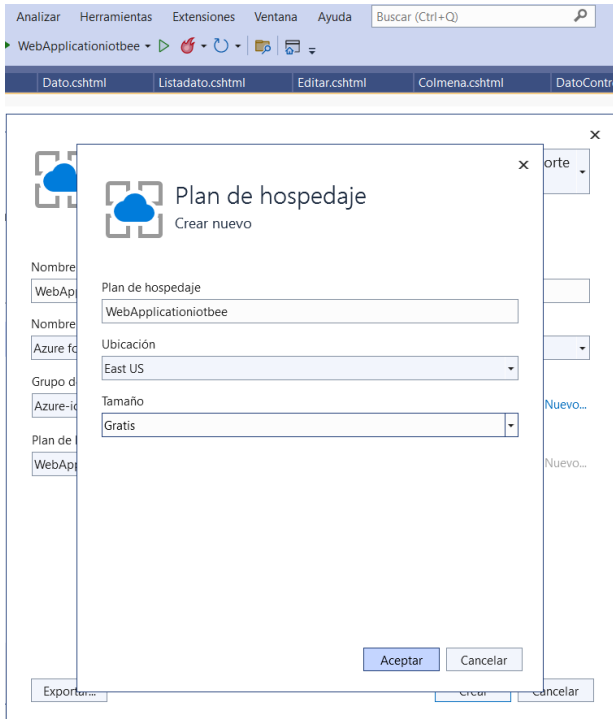
Se selecciona el recurso a utilizar para el hospedaje de la Pagina Web, el recurso escogido de Azure App Service.



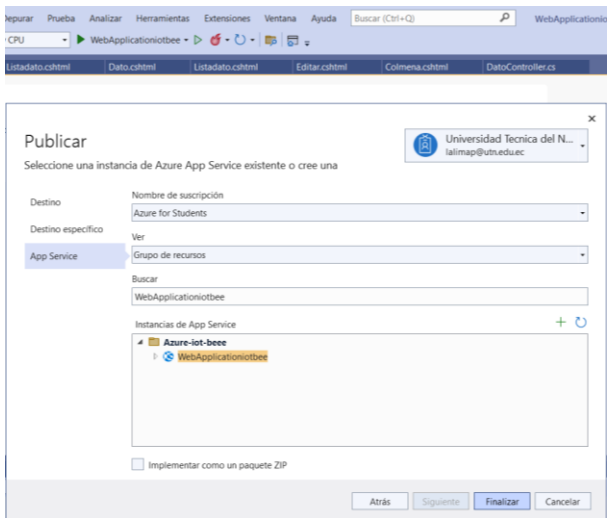
Se debe crear el recurso dentro de la suscripción que creamos anteriormente, donde se encuentran los demás recursos para el funcionamiento del sistema.



Existen varios niveles que ofrecen mayores beneficios al usuario, dependiendo del sistema a implementar, para lo cual, el sistema Strong-Bee, no requiere de una gran cantidad de datos, por lo cual, el nivel de gratis satisface las necesidades del sistema. Y se procede a crear el hospedaje de la aplicación

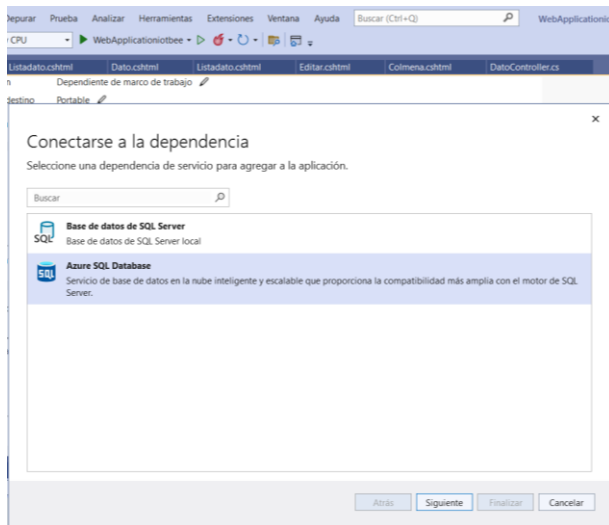


Se presiona en finalizar para terminar con la creación del hospedaje de la página Web.

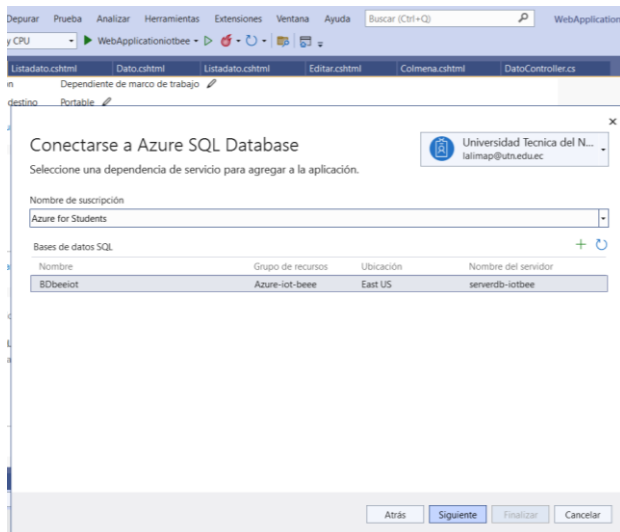


Vincular la página Web con la base de datos en la plataforma de Azure SQL Database, para lo cual se debe conectar la Base de datos en la plataforma. La plataforma depende de la Base

de datos para obtener la información almacenada acerca de la colmena.

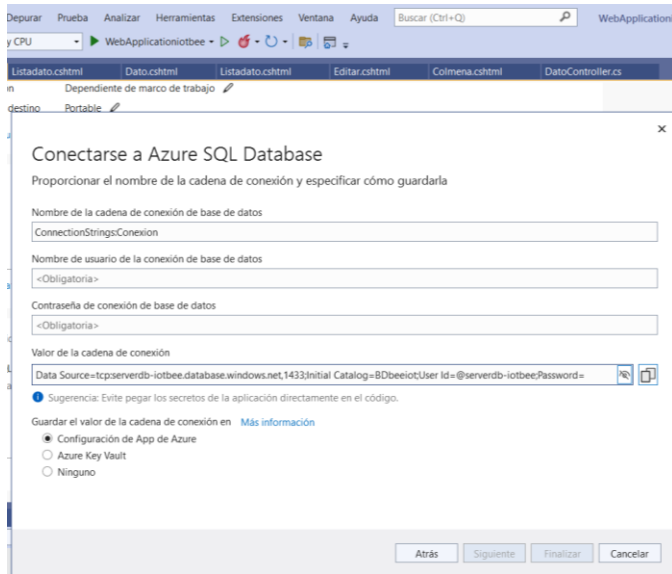


Se puede observar que la base de datos **BDbeeiot** se dentro del recurso SQL Database, base de datos creado en los anteriores recursos.

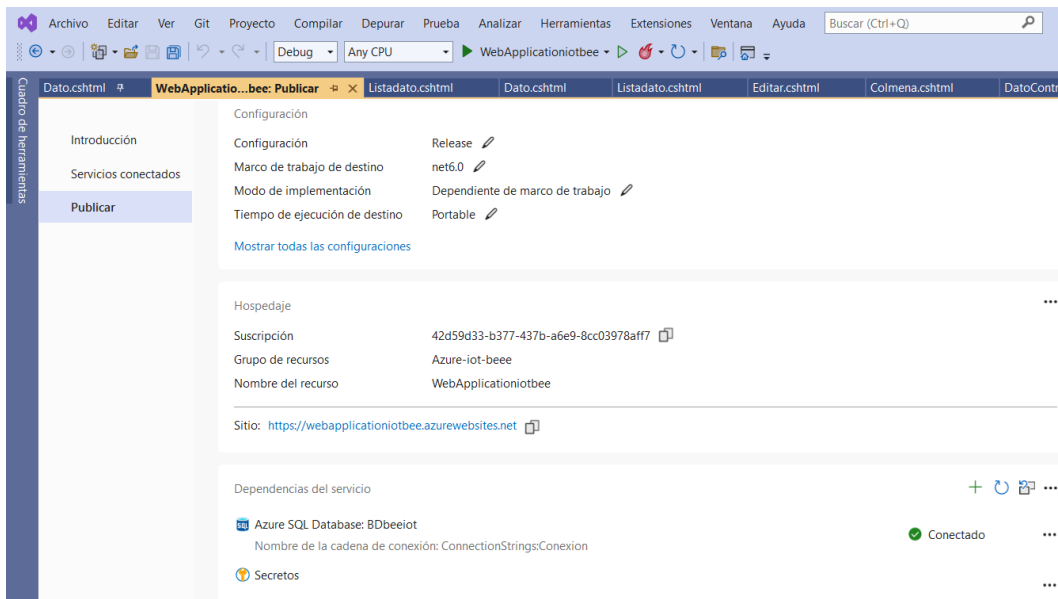


Para establecer a comunicación con la base de datos de SQL Database debemos ingresar las credenciales correspondientes al nombre de usuario y contraseña, que permita la comunicación a los datos almacenados en la base de datos BDbeeiot en el recurso de SQL Database de la plataforma Azure Microsoft.





Una vez conectado a base de datos con la instancia creada en el recurso de App Service, se procede a publicar la página WEB para que el apicultor pueda ingresar al sistema a observar la información referente a su apiario y colmena.



## 8.9. Anexo I. Manual de uso

### 8.9.1. Administrador

El administrador debe crear el nuevo apiario, colmena para que el apicultor pueda monitorear la nueva colmena, para lo cual el administrador ingresa con sus credenciales de Administrador

#### Ingrese Credenciales



A login form with two input fields. The first field contains the text 'alex'. The second field contains masked characters '.....'. Below the fields is a blue button labeled 'Sign in'.

Luego dentro del perfil del nuevo apiario, puede agregar, editar, ver o eliminar un apiario, el apiario está conformado por colmenas, por lo cual es importante asignar una colmena al apiario, de la misma manera, la colmena debe tener un único número de colmena que permita identificar a la colmena.

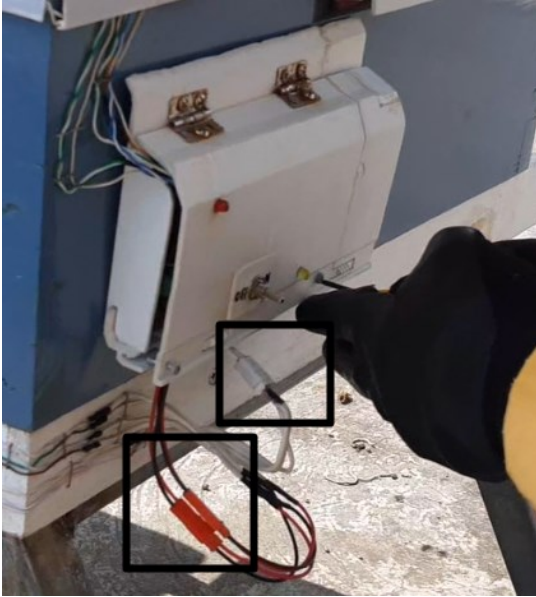
| Lista General de Colmenas |                    |        |                |            | Agregar Nueva Colmena   |
|---------------------------|--------------------|--------|----------------|------------|---|
| Ubicación                 | Fecha_Creación     | Modo   | Codigo_Colmena | Producción | Acciones  |
| Imbaya                    | 15/08/2022 0:00:00 | Activo | 1              |            | <a href="#">Editar</a> <a href="#">Eliminar</a> <a href="#">Ver</a> |

El administrador debe configurar correctamente el módulo de procesamiento y el módulo de comunicación, la caja de protección del circuito debe estar cerrada, completamente sellada para impedir el paso o ingreso de las abejas a la placa principal, y posterior a ellos se enciende el sistema 5 minutos antes de una hora seleccionada, para que el sistema empiece a recabar la información necesaria.



### **8.9.2. Usuario**

Para la instalación del sistema, el apicultor debe contactarse con el administrador, para la creación del apiario, la colmena dentro del apiario. También es necesario que el apicultor ofrezca una colmena al administrador para la instalación del sistema. El apicultor puede encender el sistema dentro de un horario programado e indicado por el administrador, se debe verificar que todos los conectores se encuentren unidos correctamente. Esto es muy importante para que el funcionamiento del sensor de peso y el mecanismo de ventilación funcione.



Una vez configurado, se puede encender el sistema mediante el pulsado colocado en la caja de protección de la placa.



Posterior a ellos debe esperar la ejecución de la rutina 1, rutina 2 y el apicultor puede acceder a observar la información de la colmena, a través de la aplicación WEB, ingresando a la página WEB en el perfil de apicultor como se observa

## Ingreso Credenciales

Sign in

Ya dentro del sistema el apicultor puede ingresar a observar los datos de la colmena ingresando en la ventana datos y se puede observar los datos que se están recibiendo contantemente la aplicación mediante la toma de los sensores y un resultado asignado por el sistema del estado del ambiente dentro de la colmena durante la ejecución de toda la rutina 1.

### Lista de Datos

Buscar  Buscar

Normal = 1 Prevención = 2 Peligro = 3

| Codigo | Fecha_Hora          | Peso (Lbs) | Resultado | Recomendacion | Acciones  |
|--------|---------------------|------------|-----------|---------------|---|
| 1      | 17/11/2022 13:01:14 | 0,96       | Calido    | Normal        | <span style="background-color: #e74c3c; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 3px;">Ver</span> |
| 1      | 17/11/2022 10:00:55 | 0,95       | Calido    | Normal        | <span style="background-color: #e74c3c; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 3px;">Ver</span> |
| 1      | 17/11/2022 7:01:00  | 0,95       | Calido    | Normal        | <span style="background-color: #e74c3c; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 3px;">Ver</span> |
| 1      | 17/11/2022 4:01:09  | 0,92       | Calido    | Normal        | <span style="background-color: #e74c3c; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 3px;">Ver</span> |
| 1      | 17/11/2022 1:01:18  | 0,9        | Calido    | Normal        | <span style="background-color: #e74c3c; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 3px;">Ver</span> |
| 1      | 16/11/2022 22:01:24 | 0,87       | Calido    | Normal        | <span style="background-color: #e74c3c; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 3px;">Ver</span> |
| 1      | 16/11/2022 19:01:36 | 0,85       | Calido    | Normal        | <span style="background-color: #e74c3c; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 3px;">Ver</span> |
| 1      | 16/11/2022 16:01:40 | 0,8        | Calido    | Normal        | <span style="background-color: #e74c3c; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 3px;">Ver</span> |

## 8.10. Anexo J. Ficha Técnica del DHT22

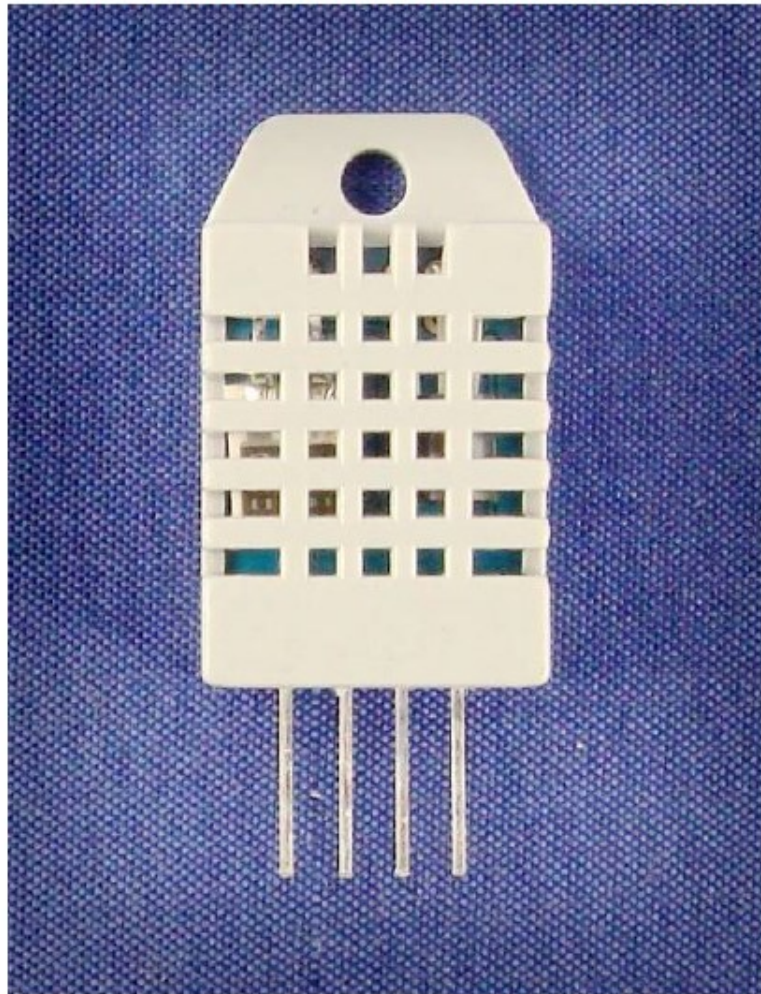
### **Aosong Electronics Co.,Ltd**

---

*Your specialist in innovating humidity & temperature sensors*

**Digital-output relative humidity & temperature sensor/module**

**DHT22 (DHT22 also named as AM2302)**



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

1

Thomas Liu (Business Manager)

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn)

# Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

## 1. Feature & Application:

- \* Full range temperature compensated      \* Relative humidity and temperature measurement
- \* Calibrated digital signal      \*Outstanding long-term stability      \*Extra components not needed
- \* Long transmission distance      \* Low power consumption      \*4 pins packaged and fully interchangeable

## 2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

## 3. Technical Specification:

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Model                     | DHT22  |
| Power supply              | 3.3-6V DC  |
| Output signal             | digital signal via single-bus                            |
| Sensing element           | Polymer capacitor  |
| Operating range           | humidity 0-100%RH;      temperature -40~80Celsius        |
| Accuracy                  | humidity +2%RH(Max +5%RH);      temperature <+0.5Celsius |
| Resolution or sensitivity | humidity 0.1%RH;      temperature 0.1Celsius             |
| Repeatability             | humidity +1%RH;      temperature +0.2Celsius             |
| Humidity hysteresis       | +0.3%RH  |
| Long-term Stability       | +0.5%RH/year   |
| Sensing period            | Average: 2s  |
| Interchangeability        | fully interchangeable                                    |
| Dimensions                | small size 14*18*5.5mm;      big size 22*28*5mm          |

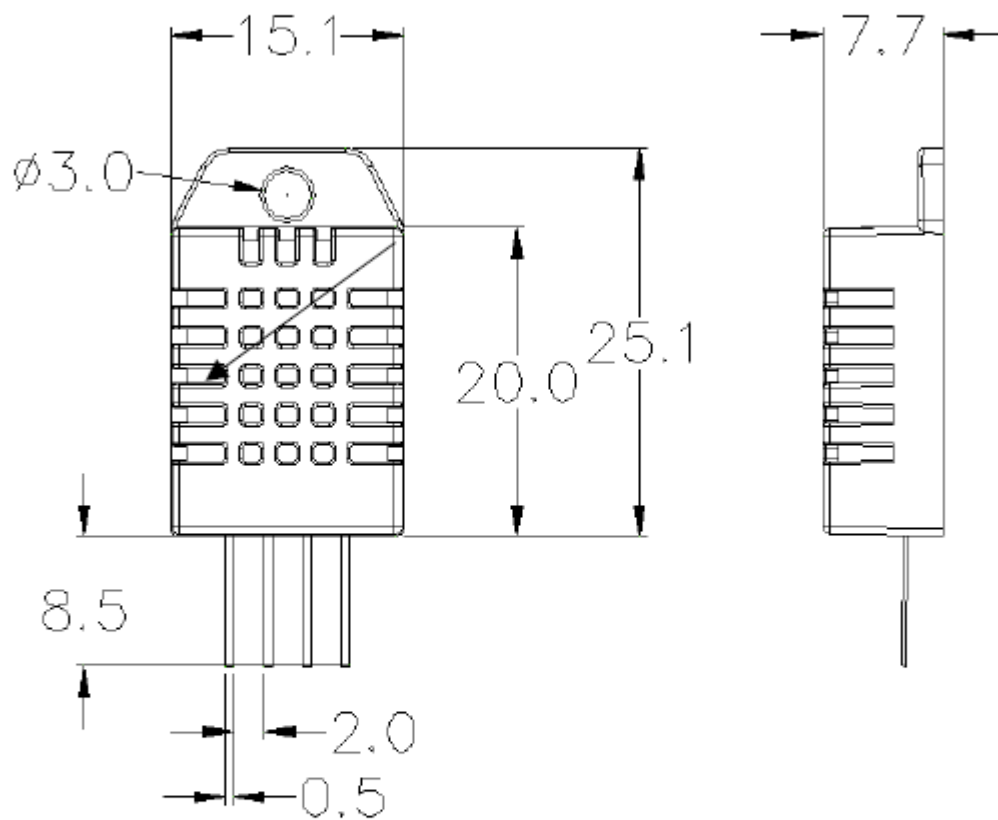
## 4. Dimensions: (unit—mm)

### 1) Small size dimensions: (unit—mm)



# Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

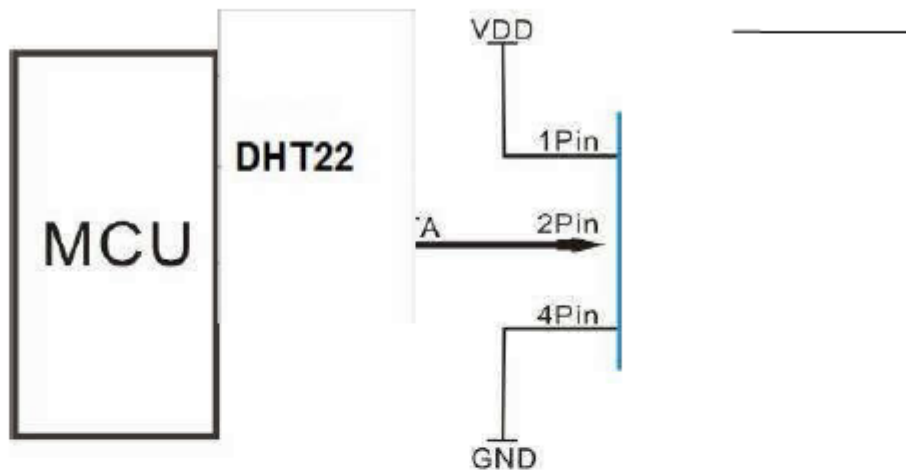
| Pin | Function         |
|-----|------------------|
| 1   | VDD—power supply |
| 2   | DATA—signal      |
| 3   | NULL             |
| 4   | GND              |



# Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

## 5. Electrical connection diagram:



**3Pin—NC, AM2302** is another name for DHT22

## 6. Operating specifications:

### (1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

### (2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and DHT22, it costs 5mS for single time communication.

Data is comprised of integral and decimal part, the following is the formula for data.

DHT22 send out higher data bit firstly!

DATA=8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data+8 bit check-sum  
If the data transmission is right, check-sum should be the last 8 bit of "8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data".

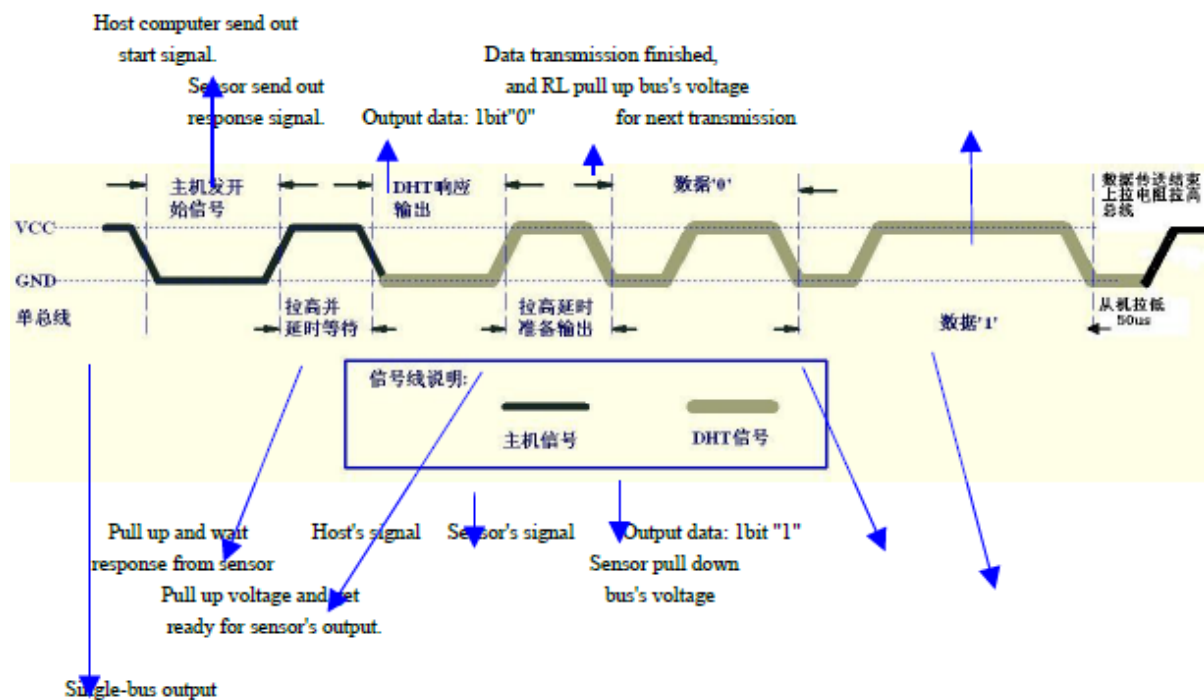
When MCU send start signal, DHT22 change from low-power-consumption-mode to running-mode. When MCU finishes sending the start signal, DHT22 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity

## Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

and temperature information to MCU. Without start signal from MCU, DHT22 will not give response signal to MCU. One start signal for one time's response data that reflect the relative humidity and temperature information from DHT22. DHT22 will change to low-power-consumption-mode when data collecting finish if it don't receive start signal from MCU again.

1) Check bellow picture for overall communication process:



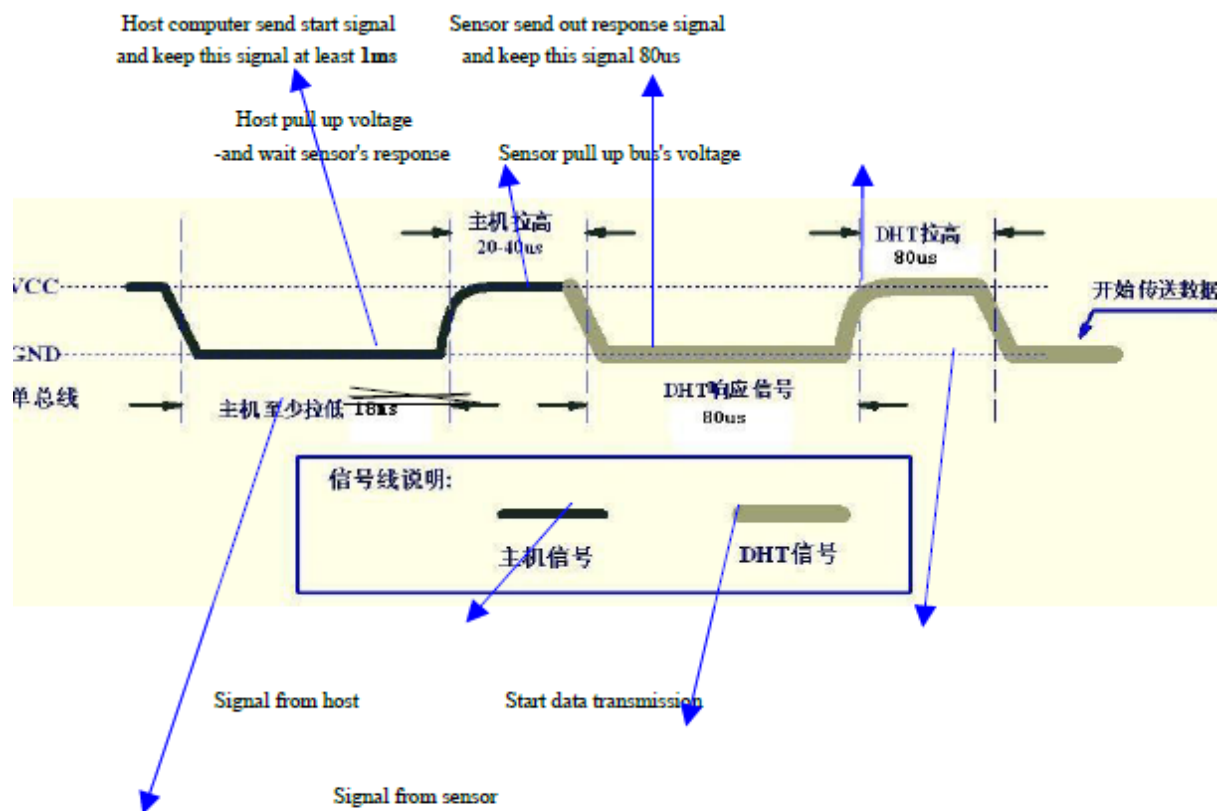
2) Step 1: MCU send out start signal to DHT22

Data-bus's free status is high voltage level. When communication between MCU and DHT22 begin, program of MCU will transform data-bus's voltage level from high to low level and this process must beyond at least 1ms to ensure DHT22 could detect MCU's signal, then MCU will wait 20-40us for DHT22's response.

Check bellow picture for step 1:

# Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Single-bus signal

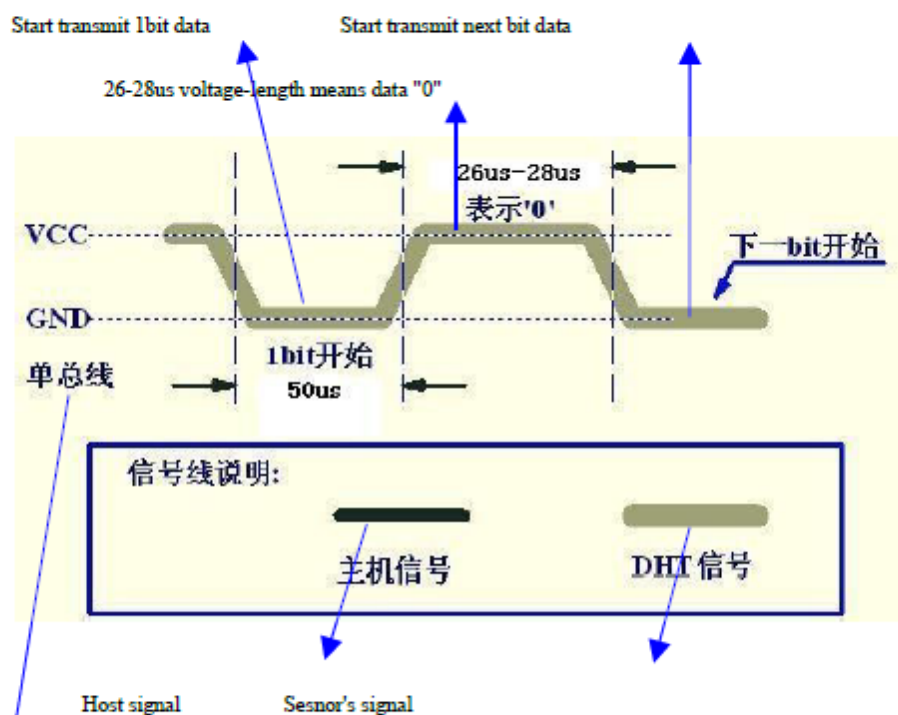
## Step 2: DHT22 send response signal to MCU

When DHT22 detect the start signal, DHT22 will send out low-voltage-level signal and this signal last 80us as response signal, then program of DHT22 transform data-bus's voltage level from low to high level and last 80us for DHT22's preparation to send data.

Check bellow picture for step 2:

## Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Single-bus signal

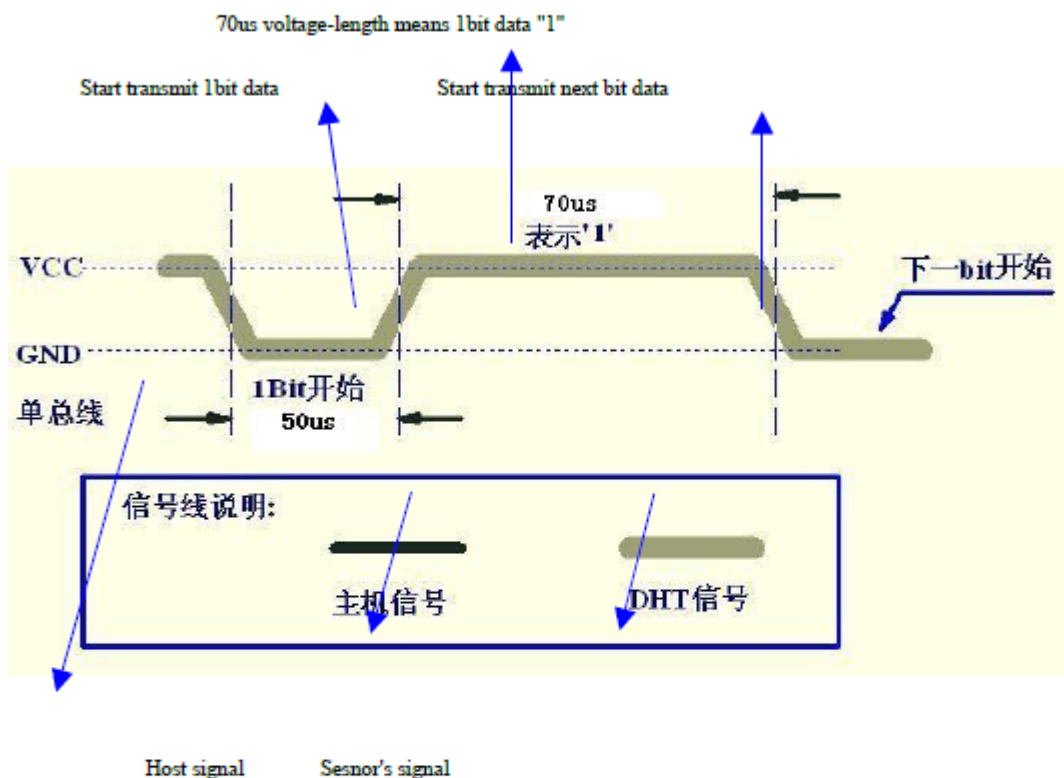
### Step 3: DHT22 send data to MCU

When DHT22 is sending data to MCU, every bit's transmission begin with low-voltage-level that last 50us, the following high-voltage-level signal's length decide the bit is "1" or "0".

Check bellow picture for step 3:

## Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Single-bus signal

If signal from DHT22 is always high-voltage-level, it means DHT22 is not working properly, please check the electrical connection status.

### 7. Electrical Characteristics:

| Item              | Condition | Min | Typical | Max | Unit   |
|-------------------|-----------|-----|---------|-----|--------|
| Power supply      | DC        | 3.3 | 5       | 6   | V      |
| Current supply    | Measuring | 1   |         | 1.5 | mA     |
|                   | Stand-by  | 40  | Null    | 50  | uA     |
| Collecting period | Second    |     | 2       |     | Second |

\*Collecting period should be : >2 second.

# Aosong Electronics Co.,Ltd

---

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

## 8. Attentions of application:

### (1) Operating and storage conditions

We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The DHT22 sensor can recover after working in non-normal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

### (2) Attentions to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere DHT22's sensitive-elements and debase DHT22's sensitivity.

### (3) Disposal when (1) & (2) happens

Step one: Keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

### (4) Attention to temperature's affection

Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing.

DHT22 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

### (5) Attentions to light

Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase DHT22's performance.

### (6) Attentions to connection wires

The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.

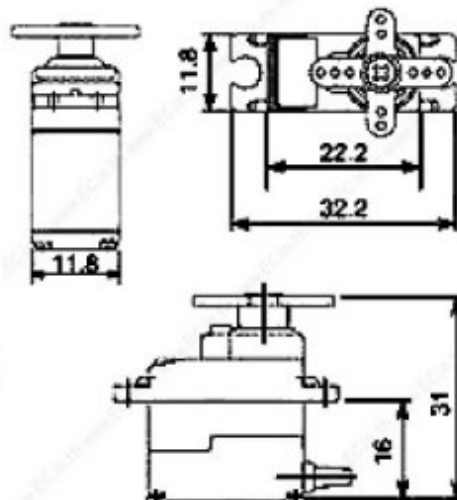
### (7) Other attentions

\* Welding temperature should be bellow 260Celsius.

\* Avoid using the sensor under dew condition.

\* Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of DHT22 may cause personal injury.

## 8.11. Anexo K. Ficha Técnica del Servomotor SG90

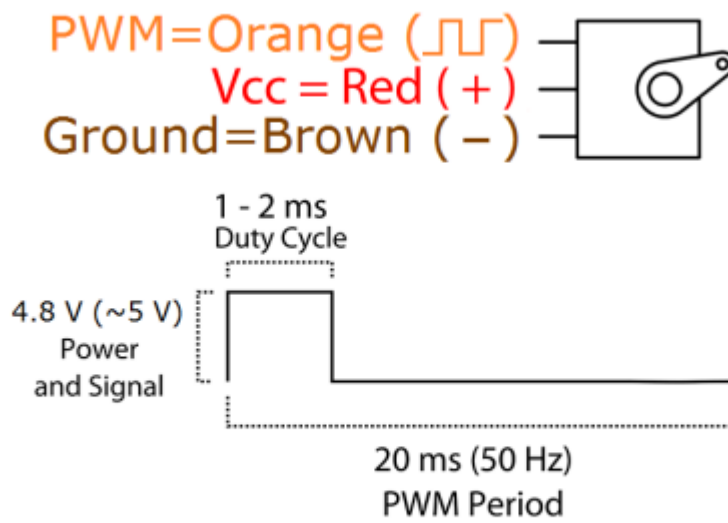
**SG90** 9 g Micro Servo

Tiny and lightweight with high output power. Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but *smaller*. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.

**Specifications**

- Weight: 9 g
- Dimension: 22.2 x 11.8 x 31 mm approx.
- Stall torque: 1.8 kgf-cm
- Operating speed: 0.1 s/60 degree
- Operating voltage: 4.8 V (~5V)
- Dead band width: 10  $\mu$ s
- Temperature range: 0 °C – 55 °C





Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2 ms pulse) is all the way to the right, "-90" (~1 ms pulse) is all the way to the left.



8.12. Anexo L. Ficha Técnica del módulo HX711



HX711

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor’s patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of  $\pm 20\text{mV}$  or  $\pm 40\text{mV}$  respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
  - normal operation  $< 1.5\text{mA}$ , power down  $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range:  $-40 \sim +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

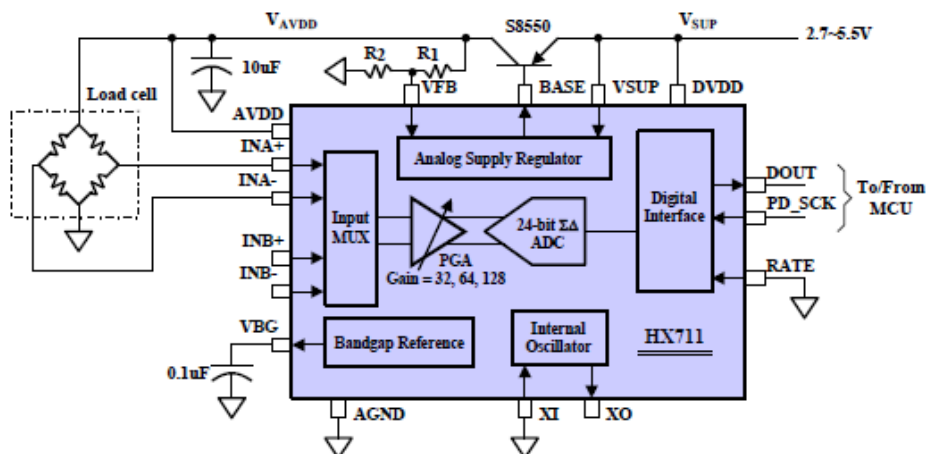
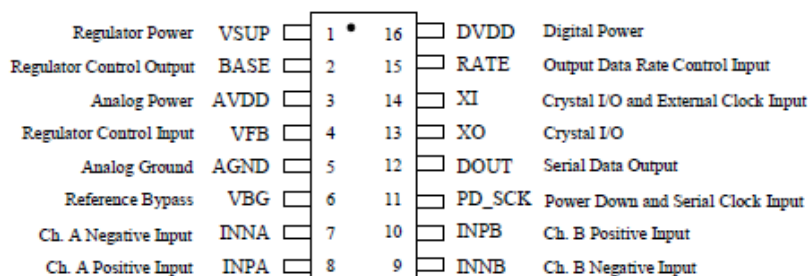


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

## Pin Description



SOP-16L Package

| Pin # | Name   | Function       | Description  |
|-------|--------|----------------|--|
| 1     | VSUP   | Power          | Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V                                   |
| 2     | BASE   | Analog Output  | Regulator control output (NC when not used)                    |
| 3     | AVDD   | Power          | Analog supply: 2.6 ~ 5.5V                                      |
| 4     | VFB    | Analog Input   | Regulator control input (connect to AGND when not used)        |
| 5     | AGND   | Ground         | Analog Ground  |
| 6     | VBG    | Analog Output  | Reference bypass output  |
| 7     | INA-   | Analog Input   | Channel A negative input                                       |
| 8     | INA+   | Analog Input   | Channel A positive input                                       |
| 9     | INB-   | Analog Input   | Channel B negative input                                       |
| 10    | INB+   | Analog Input   | Channel B positive input                                       |
| 11    | PD_SCK | Digital Input  | Power down control (high active) and serial clock input        |
| 12    | DOUT   | Digital Output | Serial data output   |
| 13    | XO     | Digital I/O    | Crystal I/O (NC when not used)                                 |
| 14    | XI     | Digital Input  | Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator |
| 15    | RATE   | Digital Input  | Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz                     |
| 16    | DVDD   | Power          | Digital supply: 2.6 ~ 5.5V                                     |

Table 1 Pin Description

## KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS

| Parameter                                   | Notes                                  | MIN                  | TYP                 | MAX      | UNIT    |
|---|--|----------------------|---------------------|----------|---------|
| Full scale differential input range         | V(inp)-V(inn)                          | $\pm 0.5(AVDD/GAIN)$ |                     |          | V       |
| Common mode input                           |  | AGND+1.2             |                     | AVDD-1.3 | V       |
| Output data rate                            | Internal Oscillator, RATE = 0          |                      | 10                  |          | Hz      |
|   | Internal Oscillator, RATE = DVDD       |                      | 80                  |          |         |
|   | Crystal or external clock, RATE = 0    |                      | $f_{clk}/1,105,920$ |          |         |
|   | Crystal or external clock, RATE = DVDD |                      | $f_{clk}/138,240$   |          |         |
| Output data coding                          | 2's complement                         | 800000               |                     | 7FFFFFF  | HEX     |
| Output settling time <sup>(1)</sup>         | RATE = 0                               |                      | 400                 |          | ms      |
|   | RATE = DVDD                            |                      | 50                  |          |         |
| Input offset drift                          | Gain = 128                             |                      | 0.2                 |          | mV      |
|   | Gain = 64                              |                      | 0.4                 |          |         |
| Input noise                                 | Gain = 128, RATE = 0                   |                      | 50                  |          | nV(rms) |
|   | Gain = 128, RATE = DVDD                |                      | 90                  |          |         |
| Temperature drift                           | Input offset (Gain = 128)              |                      | $\pm 6$             |          | nV/°C   |
|   | Gain (Gain = 128)                      |                      | $\pm 5$             |          | ppm/°C  |
| Input common mode rejection                 | Gain = 128, RATE = 0                   |                      | 100                 |          | dB      |
| Power supply rejection                      | Gain = 128, RATE = 0                   |                      | 100                 |          | dB      |
| Reference bypass (V <sub>BG</sub> )         |  |                      | 1.25                |          | V       |
| Crystal or external clock frequency         |  | 1                    | 11.0592             | 20       | MHz     |
| Power supply voltage                        | DVDD                                   | 2.6                  |                     | 5.5      | V       |
|   | AVDD, VSUP                             | 2.6                  |                     | 5.5      |         |
| Analog supply current (including regulator) | Normal                                 |                      | 1400                |          | μA      |
|   | Power down                             |                      | 0.3                 |          |         |
| Digital supply current                      | Normal                                 |                      | 100                 |          | μA      |
|   | Power down                             |                      | 0.2                 |          |         |

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

Table 2 Key Electrical Characteristics

### Analog Inputs

Channel A differential input is designed to interface directly with a bridge sensor's differential output. It can be programmed with a gain of 128 or 64. The large gains are needed to accommodate the small output signal from the sensor. When 5V supply is used at the AVDD pin, these gains correspond to a full-scale differential input voltage of  $\pm 20\text{mV}$  or  $\pm 40\text{mV}$  respectively.

Channel B differential input has a fixed gain of 32. The full-scale input voltage range is  $\pm 80\text{mV}$ , when 5V supply is used at the AVDD pin.

### Power Supply Options

Digital power supply (DVDD) should be the same power supply as the MCU power supply.

When using internal analog supply regulator, the dropout voltage of the regulator depends on the external transistor used. The output voltage is equal to  $V_{AVDD} = V_{BG} * (R1 + R2) / R1$  (Fig. 1). This voltage should be designed with a minimum of 100mV below VSUP voltage.

If the on-chip analog supply regulator is not used, the VSUP pin should be connected to either AVDD or DVDD, depending on which voltage is higher. Pin VFB should be connected to Ground and pin BASE becomes NC. The external 0.1uF bypass capacitor shown on Fig. 1 at the VBG output pin is then not needed.

### Clock Source Options

By connecting pin XI to Ground, the on-chip oscillator is activated. The nominal output data rate when using the internal oscillator is 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

If accurate output data rate is needed, crystal or external reference clock can be used. A crystal can be directly connected across XI and XO pins. An external clock can be connected to XI pin, through a 20pF ac coupled capacitor. This external clock is not required to be a square wave. It can come directly from the crystal output pin of the MCU chip, with amplitude as low as 150 mV.

When using a crystal or an external clock, the internal oscillator is automatically powered down.

### Output Data Rate and Format

When using the on-chip oscillator, output data rate is typically 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

When using external clock or crystal, output data rate is directly proportional to the clock or crystal frequency. Using 11.0592MHz clock or crystal results in an accurate 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1) output data rate.

The output 24 bits of data is in 2's complement format. When input differential signal goes out of the 24 bit range, the output data will be saturated at 800000h (MIN) or 7FFFFFFh (MAX), until the input signal comes back to the input range.

### Serial Interface

Pin PD\_SCK and DOUT are used for data retrieval, input selection, gain selection and power down controls.

When output data is not ready for retrieval, digital output pin DOUT is high. Serial clock input PD\_SCK should be low. When DOUT goes to low, it indicates data is ready for retrieval. By applying 25~27 positive clock pulses at the PD\_SCK pin, data is shifted out from the DOUT output pin. Each PD\_SCK pulse shifts out one bit, starting with the MSB bit first, until all 24 bits are shifted out. The 25<sup>th</sup> pulse at PD\_SCK input will pull DOUT pin back to high (Fig.2).

Input and gain selection is controlled by the number of the input PD\_SCK pulses (Table 3). PD\_SCK clock pulses should not be less than 25 or more than 27 within one conversion period, to avoid causing serial communication error.

| PD_SCK Pulses | Input channel | Gain |
|---------------|---------------|------|
| 25            | A             | 128  |
| 26            | B             | 32   |
| 27            | A             | 64   |

Table 3 Input Channel and Gain Selection

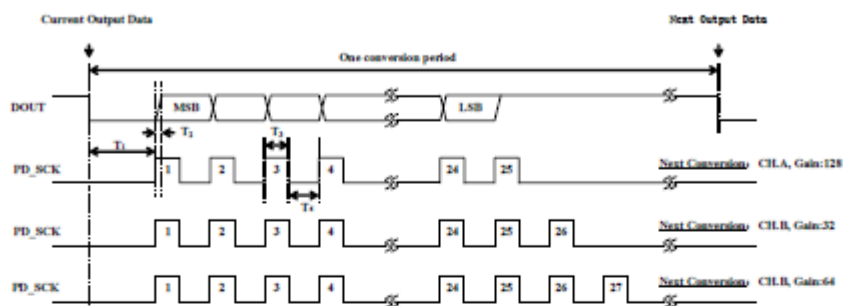


Fig.2 Data output, input and gain selection timing and control

| Symbol         | Note                                    | MIN | TYP | MAX | Unit |
|----------------|---|-----|-----|-----|------|
| T <sub>1</sub> | DOUT falling edge to PD_SCK rising edge | 0.1 |     |     | μs   |
| T <sub>2</sub> | PD_SCK rising edge to DOUT data ready   |     |     | 0.1 | μs   |
| T <sub>3</sub> | PD_SCK high time                        | 0.2 | 1   | 50  | μs   |
| T <sub>4</sub> | PD_SCK low time                         | 0.2 | 1   |     | μs   |

### Reset and Power-Down

When chip is powered up, on-chip power on reset circuitry will reset the chip.

Pin PD\_SCK input is used to power down the HX711. When PD\_SCK Input is low, chip is in normal working mode.



Fig.3 Power down control

When PD\_SCK pin changes from low to high and stays at high for longer than 60μs, HX711 enters power down mode (Fig.3). When internal regulator is used for HX711 and the external transducer, both HX711 and the transducer will be

powered down. When PD\_SCK returns to low, chip will reset and enter normal operation mode.

After a reset or power-down event, input selection is default to Channel A with a gain of 128.

### Application Example

Fig.1 is a typical weigh scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (XI=0), 10Hz output data rate (RATE=0). A Single power supply (2.7~5.5V) comes directly from MCU power supply. Channel B can be used for battery level detection. The related circuitry is not shown on Fig. 1.





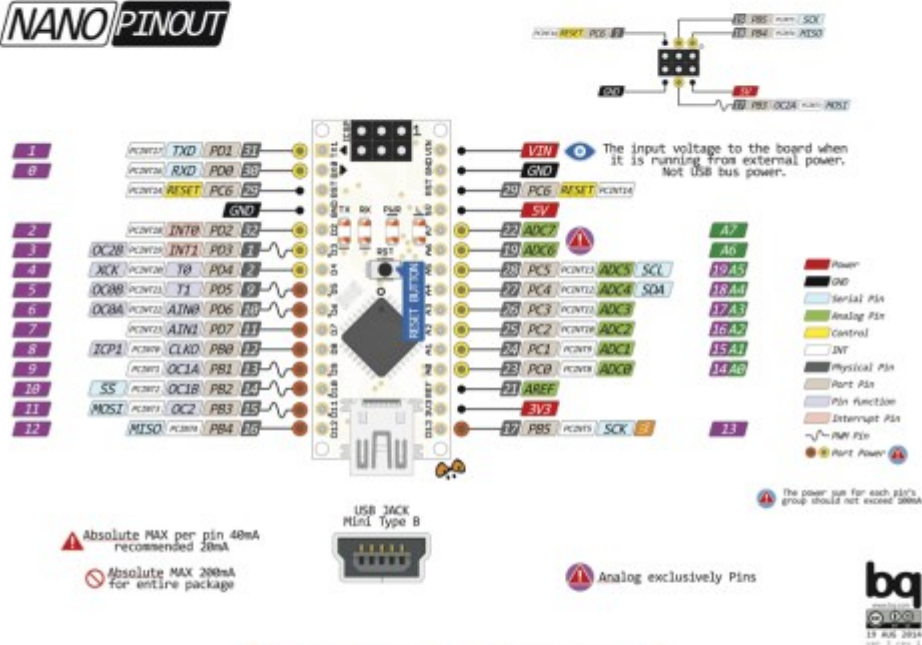
8.13. Anexo M. Ficha Técnica del Microcontrolador Arduino Nano.

LAMPIRAN

Datasheet Arduino Nano



NANO PINOUT



Arduino Nano Pin Configuration

| Pin Category | Pin Name           | Details  |
|--------------|--------------------|--|
| Power        | Vin, 3.3V, 5V, GND | <p><b>Vin:</b> Input voltage to Arduino when using an external power (12V).</p> <p><b>5V:</b> Regulated power supply used to power microcontroller components on the board.</p> <p><b>3.3V:</b> 3.3V supply generated by on-board voltage regulator. current draw is 50mA.</p> <p><b>GND:</b> Ground pins.</p> |

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| Reset               | <b>Reset</b>                               | Resets the microcontroller.                                 |
| Analog Pins         | <b>A0 – A7</b>                             | Used to measure analog voltage in the range of 0-5V         |
| Input/Output Pins   | <b>Digital Pins D0 - D13</b>               | Can be used as input or output pins. 0V (low) and 5V (high) |
| Serial              | <b>Rx, Tx</b>                              | Used to receive and transmit TTL serial data.               |
| External Interrupts | 2, 3                                       | To trigger an interrupt.                                    |
| PWM                 | 3, 5, 6, 9, 11                             | Provides 8-bit PWM output.                                  |
| SPI                 | 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) and 13 (SCK) | Used for SPI communication.                                 |
| Inbuilt LED         | <b>13</b>                                  | To turn on the inbuilt LED.                                 |
| IIC                 | A4 (SDA), A5 (SCA)                         | Used for TWI communication.                                 |
| AREF                | <b>AREF</b>                                | To provide reference voltage for input voltage.             |

### Arduino Nano Technical Specifications

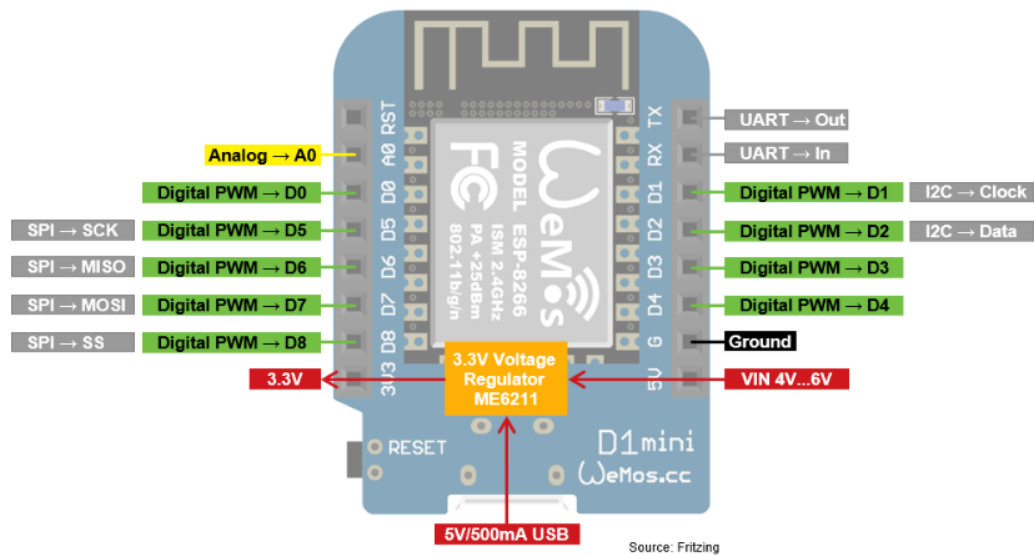
|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Microcontroller                       | ATmega328P – 8 bit AVR family microcontroller |
| Operating Voltage                     | 5V  |
| Recommended Input Voltage for Vin pin | 7-12V   |
| Analog Input Pins                     | 6 (A0 – A5)                                   |
| Digital I/O Pins                      | 14 (Out of which 6 provide PWM output)        |
| DC Current on I/O Pins                | 40 mA   |



|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| DC Current on 3.3V Pin  | 50 mA                               |
| Flash Memory            | 32 KB (2 KB is used for Bootloader) |
| SRAM                    | 2 KB                                |
| EEPROM                  | 1 KB                                |
| Frequency (Clock Speed) | 16 MHz                              |
| Communication           | IIC, SPI, USART                     |

## 8.14. Anexo N. Ficha Técnica del WeMos D1 mini

### ESP8266 WeMos D1 Mini Pinout



The ESP8266 WeMos D1 Mini has only one 3.3V output pin and also only one ground pin to power an external circuit.

Today it is easy to create custom PCBs that are not expensive. If your project is ready for action you could put the WeMos D1 Mini on this custom PCB and more than one 3.3V pin and one ground for the PCB is not necessary. During the creation of the project, you can connect the 3.3V and ground pin with the rails of the breadboard to supply different electronic components.

The 5V pin has either the function as a power supply for the ESP8266 with voltages between 4V and 6 or can be used as 4.67V output when the ESP8266 WeMos D1 Mini is powered via USB. Therefore, you might also supply electronic components that need a supply voltage of 5V, because these components should also work with a supply voltage of 4.67V.

## ESP8266 WeMos D1 Mini Datasheet

The WeMos D1 Mini is based on the ESP8266 microcontroller, designed and produced by Espressif Systems in Shanghai. The ESP8266 has a build-in bootloader, that makes it quite easy to flash the board with program code that you create.

The technical highlights and noticeable points of the ESP8266 WeMos D1 Mini datasheet are:

- Easy to use for IOT projects with micro-USB connection and build in WiFi (IEEE 802.11 b/g/n)
- Low energy consumption in the deep sleep power mode (0.17mA) and therefore very well suited for battery powered projects.
- Fast processing power with up to 160 MHz compared to 16 MHz for the ATmega328p (Arduino)

The following table shows the full technical specifications for the ESP8266 WeMos D1 Mini.

| Board                           | ESP8266 WeMos D1 Mini           |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Microcontroller                 | ESP8266                         |
| Processor                       | Tensilica Xtensa Diamond 32-bit |
| Operating Voltage               | 3.3V                            |
| Minimum Operating Voltage       | 2.58V                           |
| Maximum Operating Voltage       | 3.6V                            |
| Arduino IDE Board               | LOLIN(WEMOS) D1 R2 & mini       |
| Power Supply via VIN,VCC        | 4V..6V                          |
| VIN,VCC output USB power supply | 4.67V                           |

|                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| Digital I/O Pins (with PWM) | 11 (11)           |
| Analog Input Pins           | 1                 |
| Resolution ADC              | 10 bit (0...1023) |
| Analog Output Pins          | 0                 |
| SPI/I2C/I2S/UART            | 1/1/1/1           |
| Max DC Current per I/O Pin  | 12 mA             |
| Flash Memory                | 4 MB              |
| SRAM                        | 64 KB             |
| EEPROM                      | 512 bytes         |
| Clock Speed                 | 80/160 MHz        |
| Length x Width              | 34mm x 26mm       |
| Fits on standard breadboard | yes               |
| WIFI                        | IEEE 802.11 b/g/n |
| Bluetooth                   | no                |
| Touch sensor                | no                |
| CAN                         | no                |
| Ethernet MAC Interface      | no                |
| Temperature Sensor          | no                |
| Hall effect sensor          | no                |

|                               |                                       |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Power jack                    | no                                    |
| USB connection                | yes                                   |
| Battery Connection            | no                                    |
| Programmable                  | Arduino IDE, LuaNode SDK, Micropython |
| 3.3V Voltage Regulator        | ME6211                                |
| Output Voltage                | 3.3V                                  |
| Maximum Input Voltage         | 6V                                    |
| Minimum Input Voltage         | 4.3V                                  |
| Maximum Output Current        | 500mA                                 |
| Maximum Voltage Dropout       | 680mV @ 500mA                         |
| Typical Quiescent Current     | 0.1 $\mu$ A                           |
| Power Consumption @ 5V        |                                       |
| Reference WiFi Scan Mean [mA] | 68                                    |
| Reference Empty Script [mA]   | 72                                    |
| Light Sleep [mA]              | 0.68                                  |
| Deep Sleep [mA]               | 0.17                                  |