



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DOSIFICADOR DE
ALIMENTO GRANULADO PARA MASCOTAS PROGRAMABLE
Y CONTROLADO LOCAL Y REMOTAMENTE BASADO EN LAS
TECNOLOGÍAS GSM E IoT”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

VANESA GIOZELIN RAMOS REA
DARÍO JAVIER GUANGA GONZÁLEZ

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DOSIFICADOR DE
ALIMENTO GRANULADO PARA MASCOTAS PROGRAMABLE
Y CONTROLADO LOCAL Y REMOTAMENTE BASADO EN LAS
TECNOLOGÍAS GSM E IoT”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: VANESA GIOZELIN RAMOS REA

DARÍO JAVIER GUANGA GONZÁLEZ

DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS MORALES GORDÓN

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Vanesa Giozelin Ramos Rea, Darío Javier Guanga González

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Vanesa Giozelin Ramos Rea y Darío Javier Guanga González, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

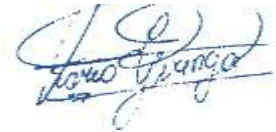
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de agosto de 2022



Vanesa Giozelin Ramos Rea

020241412-4

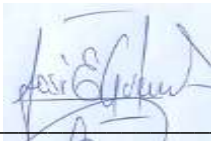




Darío Javier Guanga González

0606412235-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Dispositivo Tecnológico, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DOSIFICADOR DE ALIMENTO GRANULADO PARA MASCOTAS PROGRAMABLE Y CONTROLADO LOCAL Y REMOTAMENTE BASADO EN LAS TECNOLOGÍAS GSM E IoT”**, realizado por la señorita **VANESA GIOZELIN RAMOS REA** y por el señor **DARÍO JAVIER GUANGA GONZÁLEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|---|--|--------------|
| Ing. José Enrique Guerra Salazar PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  | 2022-08-11 |
| Ing. José Luis Morales Gordón DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN |  | 2022-08-11 |
| Ing. Wilson Armando Zúñiga Vinueza MIEMBRO DEL TRIBUNAL |  | 2022-08-11 |

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer. A mis padres Carlos y Martha quienes, con su apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional y llegar a ser una mejor persona.

Vanesa

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios, a mis padres Galo Guanga y Fabiola González, quienes han sido mi apoyo incondicional en cada paso de mis estudios, además de ser ejemplo de perseverancia y amor en cada una de las decisiones tomadas en mi vida. A la Ing. Fanny quien además de ser mi hermana, me apoyado como mi segunda madre. A mi segunda hermana la Lcda. Erika por su respaldo cuando las cosas parecían que no tenían solución. A mis tíos Wilson y Martha que han inculcado en mí, valores de Disciplina y Responsabilidad a lo largo de mi carrera.

Darío

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron. A mis hermanos Jean Carlos, Rommel y Ricardo por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amigos y amigas, por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, siempre los llevo en mi corazón.

Vanesa

Agradezco principalmente a mi familia que son el centro de mi vida, por todo su apoyo, consejos, y siempre estar animándome cuando más los necesitaba para poder cumplir mis metas y sueños. Mi infinito agradecimiento a la Licda. Geovanna Caiza que me apoyo y creyó siempre en mí. A mis amigos y amigas que me acompañaron a lo largo de esta etapa, contando de su sincera y desinteresada amistad, A cada una de las personas que fueron especiales a lo largo de esta carrera, que pusieron su granito de arena para poder cumplir con el sueño de terminar mi carrera profesional.

Darío

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 10 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 12 |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | 14 |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | 15 |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS..... | 16 |
| RESUMEN..... | 17 |
| SUMMARY | 18 |
| INTRODUCCIÓN | 18 |
| CAPÍTULO I..... | 24 |
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL | 24 |
| 1.1 Dosificador de alimento sólido para perros | 24 |
| 1.1.1 <i>Dosificador electrónico de alimento para perros.....</i> | 24 |
| 1.1.2 <i>Ventajas y desventajas de un dosificador electrónico</i> | 25 |
| 1.1.3 <i>Componentes de un dosificador de alimento sólido para perros</i> | 26 |
| 1.1.4 <i>Mecanismos para sistemas de dosificación de alimento sólido.....</i> | 26 |
| 1.1.4.1 <i>Dosificador de alimento gravitacional</i> | 26 |
| 1.1.4.2 <i>Dosificador de alimento gravitacional por apertura y cierre de una compuerta.....</i> | 27 |
| 1.1.4.3 <i>Dosificador de alimento por tornillo transportador</i> | 27 |
| 1.1.4.4 <i>Dosificador de alimento por compuerta rotativa.....</i> | 28 |
| 1.1.4.5 <i>Análisis comparativo de los diferentes tipos de dosificadores.....</i> | 28 |
| 1.1.5 <i>Dosificadores comerciales de alimento para perros</i> | 29 |
| 1.2 Alimentación de los perros | 30 |
| 1.3 Tarjetas de desarrollo | 32 |
| 1.3.1 <i>Tarjeta Raspberry Pi.....</i> | 32 |
| 1.3.2 <i>Tarjeta Stellaris Launchpad.....</i> | 33 |
| 1.3.3 <i>Tarjeta Arduino</i> | 34 |
| 1.3.4 <i>Análisis comparativo de las tarjetas de desarrollo.....</i> | 34 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1.4 | Actuadores | 18 |
| 1.4.1 | Actuadores eléctricos | 19 |
| 1.4.1.1 | Motor de corriente (DC) | 19 |
| 1.4.1.2 | Motor paso a paso | 19 |
| 1.4.1.3 | Motor servo | 20 |
| 1.4.2 | Análisis comparativo de los actuadores eléctricos..... | 20 |
| 1.5 | Sensor | 21 |
| 1.5.1 | Sensor inductivo..... | 21 |
| 1.5.2 | Sensor capacitivo | 22 |
| 1.5.3 | Sensor óptico de barrera..... | 22 |
| 1.5.4 | Sensor ultrasónico | 22 |
| 1.5.5 | Análisis comparativo de los sensores | 23 |
| 1.6 | Tecnologías de comunicación inalámbrica | 23 |
| 1.6.1 | Tecnología GSM..... | 24 |
| 1.6.2 | Bluetooth..... | 24 |
| 1.6.3 | WiFi..... | 24 |
| 1.6.4 | Análisis comparativo de tecnologías de comunicación inalámbrica | 24 |
| 1.7 | Internet de las cosas (IoT) | 25 |
| 1.7.1 | Plataformas IoT..... | 26 |
| 1.7.2 | ThingSpeak | 27 |
| 1.7.3 | Spark Works..... | 27 |
| 1.7.4 | Ubidots..... | 27 |
| 1.7.5 | Azure IoT Hub | 28 |
| 1.7.6 | Análisis comparativo de plataformas IoT..... | 29 |
| 1.8 | Visión Artificial (VA)..... | 30 |
| 1.8.1 | Etapas de un sistema de Visión Artificial | 30 |
| 1.8.2 | Python | 30 |
| 1.8.3 | Open CV..... | 31 |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO II | 32 |
| 2. PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO | 32 |
| 2.1 Requerimientos del prototipo..... | 32 |
| 2.2 Consolidación general del prototipo..... | 32 |
| 2.3 Arquitectura general del prototipo..... | 34 |
| 2.4 Hardware para la construcción del prototipo | 36 |
| <i>2.4.1 Sensor ultrasónico HC-SR04</i> | <i>36</i> |
| <i>2.4.2 Sensor de nivel conductivo</i> | <i>37</i> |
| <i>2.4.3 Cámara Philips SPZ2500</i> | <i>38</i> |
| <i>2.4.4 Procesador Raspberry Pi 3</i> | <i>39</i> |
| <i>2.4.5 Tarjeta embebida Arduino Uno.....</i> | <i>40</i> |
| <i>2.4.6 Servomotor HS755HB</i> | <i>40</i> |
| <i>2.4.7 Bomba de agua para bidones</i> | <i>41</i> |
| <i>2.4.8 Módulo relé de Arduino.....</i> | <i>42</i> |
| <i>2.4.9 Modulo Shield GSM/GPRS SIM800L</i> | <i>43</i> |
| 2.5 Conexiones del hardware | 44 |
| 2.6 Modelado estructural del prototipo..... | 47 |
| <i>2.6.1 Validación del diseño.....</i> | <i>49</i> |
| <i>2.6.1.1 Soporte de almacenamiento</i> | <i>49</i> |
| <i>2.6.2 Palanca del servomotor</i> | <i>51</i> |
| 2.7 Implementación del prototipo..... | 54 |
| 2.8 Software | 57 |
| <i>2.8.1 Reconocimiento de la raza del perro</i> | <i>57</i> |
| <i>2.8.1.1 Adecuación del modelo</i> | <i>57</i> |
| <i>2.8.1.2 Procesamiento de imágenes.....</i> | <i>59</i> |
| <i>2.8.1.3 Interfaz de visualización de la identificación de la raza del perro.....</i> | <i>61</i> |
| <i>2.8.1.4 Interfaz gráfica del entorno local</i> | <i>63</i> |
| <i>2.8.2 Control y monitoreo de variables del prototipo.....</i> | <i>68</i> |

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO III..... | 75 |
| 3. VALIDACIÓN DE PROTOTIPO | 75 |
| 3.1 Verificación de la funcionalidad de los procesos de dosificación..... | 75 |
| 3.1.1 Validación del proceso de reconocimiento de la raza del perro..... | 76 |
| 3.1.1.1 Verificación del tiempo de carga del modelo..... | 78 |
| 3.1.1.2 Evaluación de la probabilidad y el tiempo de procesamiento | 79 |
| 3.1.2 Validación del mecanismo para el dosificador de alimento..... | 80 |
| 3.1.2.1 Validación de la dosificación parcial de alimento..... | 81 |
| 3.1.3 Validación del dosificado de agua..... | 83 |
| 3.1.4 Validación del entorno web en Ubidots | 84 |
| 3.1.5 Validación de la comunicación del dosificador con Ubidots | 86 |
| 3.2 Validación del sistema de alertas | 87 |
| CAPÍTULO IV | 89 |
| 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA..... | 89 |
| 4.1 Análisis de costos de equipos | 89 |
| 4.2 Análisis de costos de materiales | 89 |
| 4.3 Costo total del prototipo dosificador | 89 |
| 4.4 Comparativa del prototipo dosificador implementado y dispositivos comerciales | 90 |
| CONCLUSIONES..... | 91 |
| RECOMENDACIONES..... | 93 |
| BIBLIOGRAFÍA | |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1-1: Ventajas y desventajas de un dosificador de alimento para mascotas..... | 25 |
| Tabla 2-1: Cuadro comparativo de las características de los métodos de dosificación | 29 |
| Tabla 3-1: Modelos de dispensadores de alimento para mascotas comerciales..... | 30 |
| Tabla 4-1: Tipos de Razas de perros..... | 31 |
| Tabla 5-1: Razas, valores de peso, cantidad de alimento diario y cantidad de agua promedios | 32 |
| Tabla 6-1: Cuadro comparativo de familias de tarjetas de desarrollo..... | 17 |
| Tabla 7-1: Cuadro comparativo de las características de los tipos de actuadores..... | 18 |
| Tabla 8-1: Cuadro comparativo de las características de actuadores eléctricos | 21 |
| Tabla 9-1: Cuadro comparativo de las principales características de sensores..... | 23 |
| Tabla 10-1: Cuadro comparativo de las principales características de tecnologías de comunicación inalámbrica | 25 |
| Tabla 11-1: Cuadro comparativo de las principales características de plataformas IoT..... | 29 |
| Tabla 1-2: Características técnicas principales del sensor ultrasónico HC-SR04..... | 37 |
| Tabla 2-2: Características técnicas principales de la cámara Philips SPZ2500 | 38 |
| Tabla 3-2: Características técnicas principales de la Raspberry Pi 3 B | 39 |
| Tabla 4-2: Características técnicas principales del Arduino UNO | 40 |
| Tabla 5-2: Características técnicas principales del servomotor HS755HB..... | 41 |
| Tabla 6-2: Características técnicas principales de la bomba de agua para bidones | 42 |
| Tabla 7-2: Características técnicas principales del módulo relé Arduino..... | 43 |
| Tabla 8-2: Características técnicas principales del Shield GSM/GPRS SIM800L..... | 43 |
| Tabla 9-2: Terminales de conexión de la Raspberry con sensores y actuadores | 45 |
| Tabla 10-2: Terminales de conexión del Arduino con señales de ingreso y la SIM800L | 46 |
| Tabla 11-2: Propiedades de la pieza y material de construcción – soporte del acopio | 49 |
| Tabla 12-2: Resultado del estudio de tensiones – soporte del acopio de alimento | 50 |
| Tabla 13-2: Resultado del estudio de desplazamientos – Soporte del acopio de alimento | 50 |
| Tabla 14-2: Resultado del estudio de deformaciones unitarias – soporte del acopio de alimento | 51 |
| Tabla 15-2: Propiedades de la pieza – palanca servomotor | 52 |
| Tabla 16-2: Resultado del estudio de tensiones – palanca servomotor..... | 52 |
| Tabla 17-2: Resultado del estudio de desplazamientos – palanca servomotor | 53 |
| Tabla 18-2: Resultado del estudio de deformaciones – palanca servomotor | 53 |
| Tabla 1-3: Probabilidad, tiempo de respuesta en la detección de razas | 77 |
| Tabla 2-3: Resumen probabilidad de detección de razas | 78 |
| Tabla 3-3: Tiempo de respuesta de carga del modelo..... | 78 |

| | |
|---|----|
| Tabla 4-3: Tiempo de respuesta de carga del modelo disminuyendo el área de la imagen | 79 |
| Tabla 5-3: Tiempo de respuesta de carga del modelo aumentando el área de la imagen | 79 |
| Tabla 6-3: Resultados de dispensado manual vs electro mecanismo..... | 81 |
| Tabla 7-3: Verificación del peso de alimento dosificado vs programado..... | 82 |
| Tabla 8-3: Respuesta de la comunicación del dispensador con Ubidots..... | 87 |
| Tabla 9-3: Respuesta de la comunicación de alertas GSM y correo electrónico | 88 |
| Tabla 1-4: Costos de equipos | 89 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1-1: Dosificador de alimento electrónico | 25 |
| Figura 2-1: Componentes de un sistema dosificador..... | 26 |
| Figura 3-1: Dosificador de alimento gravitacional | 27 |
| Figura 4-1: Dosificador de alimento gravitacional por apertura y cierre de compuerta | 27 |
| Figura 5-1: Elementos de un sistema de dosificador por tornillo | 28 |
| Figura 6-1: Dosificador por compuerta rotativa | 28 |
| Figura 7-1: Raspberry Pi 3..... | 33 |
| Figura 8-1: Stellaris Launchpad LM4F120 | 33 |
| Figura 9-1: Modelos de tarjetas Arduino | 34 |
| Figura 10-1: Estructura interna de un motor de DC | 19 |
| Figura 11-1: Estructura interna del motor de paso..... | 20 |
| Figura 12-1: Estructura interna del motor servo | 20 |
| Figura 13-1: Sensor inductivo..... | 21 |
| Figura 14-1: Sensor capacitivo | 22 |
| Figura 15-1: Sensor infrarrojo | 22 |
| Figura 16-1: Sensor ultrasónico | 23 |
| Figura 1-2: Consolidación general del prototipo | 33 |
| Figura 2-2: Sensor ultrasónico HC-SR04 | 37 |
| Figura 3-2: Sensor de nivel conductivo | 38 |
| Figura 4-2: Cámara Philips SPZ2500 | 38 |
| Figura 5-2: Procesador Raspberry Pi 3 B | 39 |
| Figura 6-2: Arduino UNO..... | 40 |
| Figura 7-2: Servomotor HS755HB | 41 |
| Figura 8-2: Bomba de agua para bidones | 42 |
| Figura 9-2: Módulo relé de Arduino..... | 42 |
| Figura 10-2: Modulo Shield GSM/GPRS SIM800L | 43 |
| Figura 11-2: Diagrama de conexiones de elementos del prototipo – Sección A | 44 |
| Figura 12-2: Diagrama de conexiones de elementos del prototipo – Sección B | 46 |
| Figura 13-2: Dispensador a) Base del acopio de alimento b) Base general..... | 47 |
| Figura 14-2: Vistas en dos dimensiones del dispensador para mascotas | 48 |
| Figura 15-2: Modelado en tres dimensiones del prototipo | 48 |
| Figura 16-2: Contenedores para los acopios de alimento y agua..... | 54 |
| Figura 17-2: Adecuaciones a) Acopio agua b) Acopio alimento..... | 55 |
| Figura 18-2: Sistema a) Acopio b) Electromecánico de dosificación..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 19-2: Acopio con la bomba de agua..... | 56 |
| Figura 20-2: Ensamble estructural y elementos del dispensador..... | 56 |
| Figura 21-2: Circuito electrónico en el interior del case..... | 57 |
| Figura 22-2: Integración parte estructural y electrónica..... | 57 |
| Figura 23-2: Arquitectura del pre-entrenado para tarea general del reconocimiento..... | 59 |
| Figura 24-2: Interfaz de visualización del identificador de razas de perros..... | 62 |
| Figura 25-2: Visualización de resultados del identificador de razas de perros..... | 63 |
| Figura 26-2: Visualización de la comunicación inalámbrica del identificador de razas..... | 63 |
| Figura 27-2: Interfaz gráfica de la pantalla de inicio del entorno local..... | 64 |
| Figura 28-2: Accionamiento manual..... | 65 |
| Figura 29-2: Pantalla para la configuración horario de dosificaciones..... | 65 |
| Figura 30-2: Dosificación de alimento y agua programada por el prototipo..... | 66 |
| Figura 31-2: Pantalla para la configuración de cantidad de alimento y agua..... | 67 |
| Figura 32-2: Configuración de cantidad de alimento y agua en el prototipo..... | 68 |
| Figura 1-3: Vista frontal del prototipo implementado..... | 75 |
| Figura 2-3: Vista superior del prototipo implementado..... | 76 |
| Figura 3-3: Medida base de la imagen procesada..... | 79 |
| Figura 4-3: Configuración en la interfaz para ensayo de 400 gr y 800 gr..... | 81 |
| Figura 5-3: Pesaje del alimento dispensado..... | 82 |
| Figura 6-3: Peso del reservorio con 2000 mililitros de agua..... | 83 |
| Figura 7-3: Dispositivo creado por Ubidots con las variables asignadas..... | 84 |
| Figura 8-3: Curva de monitoreo desde Ubidots del funcionamiento de la bomba..... | 85 |
| Figura 9-3: Curva de monitoreo desde Ubidots del sensor de nivel de alimento en el acopio.. | 85 |
| Figura 10-3: Histórico de la variable servo en Ubidots..... | 86 |
| Figura 11-3: Alertas gestionadas al correo electrónico..... | 87 |
| Figura 12-3: Alertas gestionadas al correo electrónico, GSM y Ubidots..... | 88 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1-2: Diagrama de bloques de la arquitectura del prototipo..... | 34 |
| Gráfico 2-2: Diagrama de flujo para el entrenamiento del modelo..... | 58 |
| Gráfico 3-2: Diagrama de flujo para la detección de la raza de un perro | 60 |
| Gráfico 4-2: Diagrama de flujo de las instrucciones del algoritmo de control y monitoreo | 69 |
| Gráfico 5-2: Diagrama de flujo de la emisión de alarmas por medio de tecnología GSM | 70 |
| Gráfico 6-2: Diagrama de flujo de la emisión de alarmas por e-mail | 72 |
| Gráfico 7-2: Diagrama de flujo de Raspberry Ubidots | 73 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: BASE DE DATOS DE CANTIDADES RECOMENDADAS DE ALIMENTO SEGÚN LA RAZA

ANEXO B: LÁMINAS DE PLANOS DE PIEZAS DEL DISPENSADOR

ANEXO C: CREACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA

ANEXO D: PROGRAMACIÓN DEL ALGORITMO DE CONTROL EN PYTHON

ANEXO E: PROGRAMACIÓN DEL SENSOR ULTRASÓNICO EN PYTHON

ANEXO F: PROGRAMACIÓN EN ARDUINO

ANEXO G: PROGRAMACIÓN DE LOS SENSORES Y CONTROL DE ACTUADORES

ANEXO H: PROGRAMACIÓN DEL ENLACE RASPBERRY CON UBIDOTS

ANEXO I: PROGRAMACION DE ALERTA DE CORREO ELECTRÓNICO EN PYTHON

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|-----------------|---|
| AC: | Corriente Alterna |
| API: | Interfaz de programación de aplicaciones |
| ARCOTEL: | Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones |
| BW: | Ancho de banda |
| dBm: | Decibelio-milivatio |
| DC: | Corriente Directa |
| EDA: | Automatización de diseño electrónico |
| EMI: | Interferencia electromagnética |
| GSM: | Sistema Global de Comunicaciones |
| GNU: | Licencia Pública General |
| GUI: | Interfaz de Usuario Gráfica |
| IDE: | Entorno de Desarrollo Integrado |
| IoT: | Internet de las cosas |
| IP: | Protocolo de internet |
| Li-Po: | Polímero de litio |
| PWM: | Modulación de Ancho de Pulso |
| PNUD: | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| TIC: | Tecnologías de la información y la comunicación |
| VA: | Visión Artificial |
| WiFi: | Fidelidad inalámbrica |

RESUMEN

El trabajo describe la implementación de un prototipo dosificador de alimento granulado con la finalidad de contribuir con las personas en el cuidado de sus mascotas. El desarrollo del prototipo inició con la revisión bibliográfica sobre la arquitectura del dosificador y los mecanismos existentes para la dosificación de alimento granulado. La modelación del dispensador y la validación de su diseño se realizaron en SolidWorks 2018, mediante un análisis estático se determinó que no hay peligro de rupturas y deformaciones en las piezas del dosificador expuestas a esfuerzos. Se aplicó un componente de accionamiento electromecánico basado en un servomotor para el desplazamiento de una compuerta; se determinó mediante pruebas que el electro mecanismo permite una dosificación de 12 gramos por segundo, al llenar el acopio de alimento granulado a la capacidad de 800 gramos y provocar su vaciado total ofrece una eficiencia máxima del 100%. Adicionalmente se incorporó un sistema de dosificación de agua basado en una mini bomba que proporciona una dosificación de 21 mililitros por segundo. Con el uso de Python y su librería OpenCV se codificó un sistema de reconocimiento de razas de perros para definir la cantidad de alimento que se debe dosificar al mismo. Se implementó una interfaz gráfica local en la que se puede variar la cantidad de alimento y agua deseada y programar el horario de dosificación. Además, el dosificador puede ser monitoreado remotamente a través de la plataforma IoT Ubidots con una eficiencia del 97,7%.y generar señales de alerta de niveles bajos de alimento y agua a través de mensajes de texto GSM y correo electrónico. Se brinda la apertura a la mejora del prototipo por medio de la inserción de recursos para generar un sistema totalmente autónomo y de nuevas funcionalidades para incluir medicinas y vitaminas.

Palabras clave: <DISPENSADOR PROGRAMABLE>, <SISTEMA DE MONITOREO>, <SOLIDWORKS>, <TARJETA RASPBERRY>, <INTERNET DE LAS COSAS (IoT)>.

2051-DBRA-UTP-2022



SUMMARY

The present work describes the implementation of a granulated food dispenser prototype with the purpose of contributing with pet caregivers. The development of the prototype began with the literature review on the architecture of the dispenser and the existing mechanism, for the dosage of granulated food. The modeling of the dispenser and the validation of its design were carried out in Solid Works 2018, through a static analysis it was determined that there is no danger of ruptures and deformations in the parts of the dispenser exposed to stress. It was determined through tests that the electromechanics allows a dosage of 12 grams per second, by filling the granulated food storage to the capacity of 800 grams and causing its total emptying it offers a maximum efficiency of 100%. Additionally, a water dosing system was incorporated based on a mini pump that provides a dosage of 21 milliliters per second. With the use of Python and its OpenCV library, a dog breed recognition system was code to define the amount of food that should be dosed. A local graphical interface as implement in which the desired amount of food and water can be varied and the dosage schedule can be programmed. In addition, the dispenser can be remotely monitored through the Ubidots IoT platform with efficiency of 97.7% and generate alerts signals of low feed and waters levels through GSM text messages and email. The opening to the improvement of the prototype is provided through the insertion of resources to generate a totally autonomous system and new functionalities to include medicines and vitamins.

Keywords: < PROTOTYPE> <MONITORING SYSTEM > <PROGRAMMABLE DISPENSER > <SOLIDORKS (SOFTWARE) > <INTERNET OF THINGS (IoT) >

2051-DBA-UTP-2022



INTRODUCCIÓN

Desde tiempos ancestrales y en diversas culturas alrededor de todo el mundo, los animales han sido respetados como compañeros esenciales en la supervivencia y en la salud de las personas. Actualmente constituyen uno de los componentes naturales de mayor significado socioeconómico, científico y cultural de un país (DÍAZ VIDELA, 2017).

El vínculo de los animales domésticos ha ido desarrollándose a partir del avance de los años, llamados así debido a que se encuentran domesticados y no son un peligro para la convivencia con humanos siendo estos por ejemplo perros, gatos, aves, roedores, reptiles, etc (LEÓN QUENGUAN, y otros, 2013).

La inclusión de un nuevo miembro en la familia con lleva a agregar nuevas responsabilidades ya que se debe ser más ordenado, atento y cumplido con los horarios de alimentación ya que las enfermedades intestinales y nutritivas se producen por una irregularidad en sus horarios de alimentación (EL UNIVERSO, 2022).

En Ecuador se trata mucho sobre el tema de la tenencia responsable de mascotas a través de diversas leyes para mantener la convivencia armónica entre personas, animales y sociedad, en concreto la tenencia responsable se refiere a proveer al animal de los dispositivos básicos para su bienestar: salud, alimentación, adecuada, espacio de descanso protegido del tiempo, espacio para eliminar sus residuos, recreación y cariño (CASTILLO LOZADA, 2017).

De acuerdo con una encuesta realizada en 2016, se denotan los siguientes resultados las personas que alimentan a sus mascotas tres veces al día alcanza un porcentaje del 60%, con un 40% las personas que admitieron alimentar a sus mascotas dos veces al día y el ultimo resultado es 0% de las personas que admitieron alimentar a sus mascotas una vez al día (EL COMERCIO, 2016).

Existen situaciones en las que los propietarios de las mascotas la mayor parte del día trabajan y las mascotas son abandonadas por períodos prolongados de tiempo ya sea por motivo de viaje (familiares, de negocios, estudios, entre otros) que generan descuido, bajo estas consideraciones se pueden determinar entornos tales como cuando el descuido de las mascotas es durante la jornada de trabajo del propietario y no se suministra el alimento a la mascota. Otra eventualidad ocurre cuando los dueños que, en el afán de no causar hambre a la mascota, optan por dejar alimento en abundancia; pero, los escasos ni la abundancia son buenas en la alimentación de las mascotas, se debe considerar que el alimento si no contiene los nutrientes y porciones necesarias que el animal necesita, afecta gravemente su salud causando problemas como la mala nutrición, falla en el metabolismo, mal desarrollo de sus huesos y fallo en sus órganos a una corta edad (GÓMEZ, 2007 págs. 17-19).

Es importante para mantener a nuestras mascotas brindarles una dieta equilibrada que satisfaga sus necesidades energéticas y proporcione los nutrientes adecuados. Lo ideal, tanto para perros como para gatos, es que consuman alimentos secos, adaptado a cada etapa de crecimiento y a cada necesidad. Nunca deben consumir alimentos crudos ya que estos podrían ser fuente de enfermedades parasitarias (GARCÍA, 2018).

Un estudio desarrollado sobre el tema, en México en el 2014, por la Universidad Nacional Autónoma de México, denominado DOSIFICADOR DE ALIMENTO PARA MASCOTAS, consiste en el desarrollo de un dispensador automático de croquetas para perros, que permite un diseño funcional y eficiente para un módulo programable de croquetas para perros, capaz de dosificar la ración necesaria de croquetas, según el requerimiento energético del perro, a las horas programadas por el usuario (GONZÁLEZ , y otros, 2014).

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La ausencia del propietario de la mascota en casa, provoca que exista un descuido en la alimentación del animal siendo la principal deficiencia, la frecuencia de suministro de alimento, razón por la cual la utilización del DOSIFICADOR DE ALIMENTO PARA MASCOTAS garantiza un ahorro de tiempo por parte del dueño de la mascota, además de recolectar información sobre su alimentación y recibir alarmas si el alimento y bebida se agota.

Con la instalación del DOSIFICADOR DE ALIMENTO PARA MASCOTAS y un sistema prototipo automatizado y controlado inalámbricamente y por medio de una plataforma IoT, se pretende lograr, que el propietario reciba información del suministro diario de alimento de acuerdo con las características del animal, ayudando a los dueños de las mascotas que carecen de tiempo para alimentarles personalmente, a obtener una alimentación adecuada y correcta (NOLES MALUCÍN, y otros, 2020).

El control del sistema debe ser amigable, entregando al usuario la facilidad de entender y manejar para que el usuario no utilice su tiempo tratando de interpretar mensajes o consultando, a través de la programación de este mecanismo de prototipo que está proyectada para dosificar especialmente alimento para perros de pequeño y mediano tamaño. En el tanque o tolva servirá para almacenar la cantidad de comida adecuadamente durante un período de tiempo determinado, sin que sus componentes alimenticios se pierdan y puedan afectar la salud del animal.

En la actualidad en algunas ciudades existen algunos dispositivos para alimentar a los animales callejeros pero no cumplen con las necesidades de las mascotas y éstas no pueden ser alimentadas adecuadamente, razón por la cual es importante realizar un diseño apropiado para que el alimento sea vertido según la ración necesaria y que esté en función del tamaño de la mascota, debido a

que el prototipo tiene la facilidad de reconocer la raza y tamaño del animal (VILLALBA LINARES, y otros, 2007).

Entre las investigaciones relacionadas, en nuestro país; se encuentra una en la TECSU de Guayaquil en la cual reposa el proyecto denominado:

DISPENSADOR DE ALIMENTOS PARA MASCOTAS PROGRAMABLE DESDE UNA APLICACIÓN EN EL TELÉFONO MÓVIL.

El propósito de este DISPENSADOR DE ALIMENTOS PARA MASCOTAS es ayudar a su alimentación mediante horarios programables, obteniendo de esta manera una mejor alimentación balanceada. Razón por la cual es necesario conocer el efecto que causa una alimentación inadecuada en las mascotas, y con la utilización de este dispositivo sus mascotas podrán estar mejor y saludables (PAZMINO RODRÍGUEZ, 2018 pág. 20).

En el Ecuador no existe un dosificador que identifique plenamente la raza de los perros y gatos que se desea ayudar con su alimentación, además de fusionar un sistema de dosificación de agua necesaria para mejorar su salud. Por tal motivo se pretende implementar un sistema de dosificación de alimento y agua, con control remoto e inalámbrico de las cantidades exactas que requiere el animal de acuerdo a la base de datos programadas para animales de razas y razas comunes que existe y sus propietarios deseen darles un mejor estilo de vida.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Se desarrolló un prototipo de dosificador de alimento granulado para mascotas que utiliza recursos tecnológicos, los mismos que permiten al usuario programar de forma local y remota con el fin de garantizar una buena alimentación para sus mascotas dosificando la cantidad exacta y en tiempos determinados el alimento.

El sistema inicia su proceso cuando el perro se acerque a la cámara situada en un punto estratégico del dispensador, donde, un algoritmo de visión artificial, procede a la identificación de la raza se vincula a la etapa de control del proceso de dosificación. Con respecto al diseño del dosificador se partió de un modelo básico existente de dispensador de alimento granulado sobre el que se trabajaron adecuaciones. Se definieron dos entornos denominados local y remoto.

- **Entorno local:** El uso de un minicomputador que alberga una interfaz gráfica la misma que permitirá la interacción del usuario con el prototipo. Esta interacción se la considera como el ingreso de parámetros de configuración para programar el modo de funcionamiento del dispensador, estableciendo variables que permitan determinar la ración y la frecuencia con la que se suministra el alimento, se determina son variables pues van a cambiar acorde al peso,

tamaño y actividad física que tenga cada animal, criterio que será emitido por un profesional de veterinaria.

En este entorno se maneja también mediante algoritmos de control vinculados a la interfaz gráfica señales de control para determinar las acciones sobre los actuadores, como son los sensores de nivel que se inserten en el dispensador para la dosificación. Además, desde este punto se gestionan las acciones necesarias para enlazar el prototipo a una plataforma basada en la internet de las cosas para relacionarlo con acciones del denominado remoto que a continuación se detalla.

- **Entorno remoto:** Sustentado en el uso de una plataforma de soporte de la internet de las cosas IoT (*Internet of things*), se dotó al prototipo un acceso remoto para poderlo monitorear a distancia. En la parte de monitoreo remoto se considera el manejo de alarmas que se puede determinar serían de dos tipos, las observables en la plataforma IoT y aquellas que representan señales direccionadas hacia un correo electrónico y un mensaje de texto a un celular específicos GSM (*Global System For Mobile Communication*).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un prototipo dosificador de alimento granulado para mascotas programable y controlado local y remotamente basado en las tecnologías GSM e IoT.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar la porción idónea de alimento granulado y agua que debe consumir los canes dependiendo de su raza tamaño y peso.
- Codificar un algoritmo de visión artificial para la detección de la raza de perros.
- Analizar y definir los requerimientos para la implementación del prototipo, así como de los sistemas de programación, control local y remoto, con las tecnologías planteadas.
- Modelar y ajustar el prototipo dosificador de alimento granulado disponible acorde a los requerimientos estructurales definidos para la aplicación usando una herramienta de diseño asistido por computador.
- Implementar y validar el prototipo con respecto a su funcionalidad, reconocimiento y monitoreo remoto.

METODOLOGÍA

Para alcanzar el cumplimiento de los objetivos propuestos se plantea una metodología fundamentada en el conjunto de pasos:

- **Indagación de sistemas existentes:** Con el fin de tener una referencia de recursos que pueden ser aplicables al trabajo en ejecución.
- **Definición de requerimientos y variables:** Se establece las necesidades a cubrir con el prototipo.
- **Diseño del prototipo:** Analiza qué tipo de prototipo es el más adecuado y evalúa factores como el diseño, montaje, materiales, formas, dimensiones, hardware, software, entre otros.
- **Testeo del prototipo:** Da a conocer el prototipo a los usuarios, observa y registra el desempeño del prototipo, y permite al usuario aportar ideas.
- **Análisis de los resultados y aprendizajes:** A partir de la definición inicial y el desempeño del prototipo, perfecciona el concepto de solución.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En este capítulo se hace una revisión de los sistemas de dosificación de alimento de mascotas disponibles en el mercado y se referencian algunos tipos, estableciendo conceptos importantes sobre los recursos para la dispensación de alimento. Además, se definen criterios como automatización, sistemas embebidos, tecnología IoT, entre otros, que resultan indispensable conocerlos de manera clara y precisa para el diseño e implementación del modelo propuesto.

1.1 Dosificador de alimento sólido para perros

Es un dispositivo utilizado para regular el despacho del producto en las diferentes etapas de un proceso, estos dispositivos están compuestos por servomotores, motores eléctricos, electroimanes, cilindros neumáticos y reguladores (GUEVARA, y otros, 2017).

Actualmente existe una infinidad de dispensadores de alimento para perros que tienen diferentes características y prestaciones, van desde simples comederos mecánicos que dosifican manualmente el alimento, hasta dispositivos semiautomáticos con sensores, interfaz gráfica y programación de horarios e incluso algunos poseen cámaras web con las cuales los propietarios pueden tener un mayor acercamiento con sus mascotas (NOLES MALUCÍN, y otros, 2020 pág. 22).

1.1.1 Dosificador electrónico de alimento para perros

En este tipo de dosificadores los mecanismos son en su mayoría programables para suministrar la porción de alimento necesaria en la dieta de las mascotas, con el fin de controlar el peso y precautelar la salud de los ejemplares caninos, son de mucha utilidad cuando el dueño sale de casa por motivos de trabajo u otras circunstancias (GONZÁLEZ, y otros, 2014 pág. 33).

Existe una amplia gama de dosificadores y de acuerdo con la cantidad de recursos tecnológicos que incluyen incrementará su costo, en la figura 1-1 se aprecia un dosificador electrónico, suelen permitir controlar la cantidad de alimento a la que puede acceder el animal, así como las horas en que se permitirá esto, algunos de ellos incluso incorporan cámaras que adquieren la imagen de la mascota y la comparan con una base de datos interna para que sea el dispositivo quien acorde a la raza o tamaño de la mascota determine cantidad y horario para alimentarlo, de este modo,

resulta ideal para perros enfermos o con tendencia a la obesidad, como parte del usuario dueño de la mascota requiere dedicar un poco de tiempo para aprender a programar el dosificador (CHIMARRO VILLALBA, 2016 pág. 41).



Figura 1-1: Dosificador de alimento electrónico

Fuente: (AMAZON, 2019)

1.1.2 Ventajas y desventajas de un dosificador electrónico

El desarrollo tecnológico presenta comodidades que facilitan la vida, sin embargo presentan alguna contraparte. La Tabla 1-1 presenta las ventajas y desventajas del uso de los dispensadores de alimento para mascotas.

Tabla 1-1: Ventajas y desventajas de un dosificador de alimento para mascotas

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| Permite ofrecer al perro la cantidad de comida exacta que necesita. | Puede presentar fallos de funcionamiento (electrónicos), por lo que exige un mantenimiento constante |
| Es una herramienta muy útil para aquellos dueños que se ausentan largas horas del hogar. | Si no son lo suficientemente robustos, puede que el perro aprenda a acceder a las reservas de comida con todos los problemas que ello conlleva |
| Ayuda a prevenir la obesidad, así como una alimentación insuficiente. | Algunos dueños pueden dejar de atender tanto al perro, confiando toda su alimentación al aparato |
| Son ideales para dueños que tienen problemas de movilidad, como por ejemplo las personas mayores | |
| Permite establecer un horario de comidas que el perro agradece, ya que no depende de nuestra presencia. | |
| Excelente opción para alimentar a perros cuya salud es delicada, ya que el aparato permite ofrecer porciones adecuadas a su dieta. | |
| Evita que en esos periodos de tiempo en los que el dueño no está, se tenga que molestar a amigos, vecinos o familiares | |

Fuente: (FERNÁNDEZ, 2020)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Por lo expuesto en la tabla 1-1 se determina que el uso de un dispensador de alimento dotado de recursos tecnológicos ofrece varias ventajas para el cuidado de las mascotas y el confort de sus

propietarios. Además, se puede observar que las desventajas no radican directamente con el dispensador si no en la forma de uso de los dueños de las mascotas.

1.1.3 Componentes de un dosificador de alimento sólido para perros

Contienen el alimento hasta que éste sea expulsado, generalmente están compuestos por la tolva, el sistema de dosificación y la boquilla o abertura; las tolvas y silos son recipientes de diferentes tamaños para almacenar el alimento, su calidad depende del alimento con el que se esté trabajando, a la vez éstos pueden contener agitadores o paletas que permitan una distribución uniforme; los sistemas de dosificación son el conjunto de subsistemas que pueden ser construidos en base a cintas, bandas transportadoras, tornillos sin fin o subsistemas de vibración que permitan el transporte de elementos y la boquilla de descarga permite el paso del producto dosificado en determinadas porciones sin que este se desborde la figura 2-1, representa los componentes de un sistema dosificador (CASTILLO LOZADA, 2017).

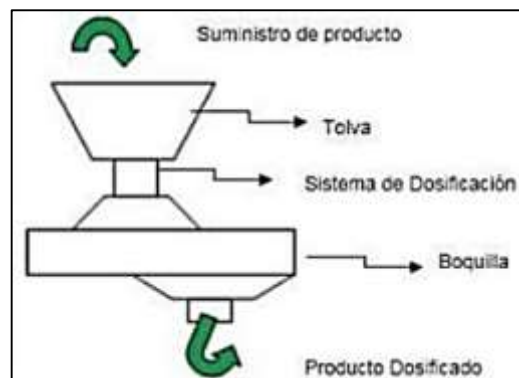


Figura 2-1: Componentes de un sistema dosificador

Fuente: (ORTIZ, y otros, 2017)

1.1.4 Mecanismos para sistemas de dosificación de alimento sólido

Definida la arquitectura de un dosificador de alimentos se plantea la revisión de algunos de los mecanismos existentes para la dosificación de sólidos.

1.1.4.1 Dosificador de alimento gravitacional

El mecanismo de este tipo de dosificador es sencillo, permite la caída del alimento para el perro de manera autónoma al plato por efecto de la gravedad. No requiere de un mantenimiento continuo ni especializado ni requiere programación. Este tipo de dispensador presenta el inconveniente que no restringe el acceso al alimento, por lo que si la mascota es algo glotona o

padece alguna enfermedad como la diabetes este dosificador no sería el ideal. La figura 3-1, presenta un dosificador de alimento gravitacional en el que se puede observar que no existe ningún actuador para el control de la dosificación, es el peso del alimento y el consumo del perro que gobernarán la cantidad en el plato.



Figura 3-1: Dosificador de alimento gravitacional

Fuente: (AMAZON, 2020b)

1.1.4.2 Dosificador de alimento gravitacional por apertura y cierre de una compuerta

El mecanismo de este tipo de dosificador requiere de recursos electrónicos para su control. La figura 4-1, representa un dispensador de alimento gravitacional con compuerta donde se observa la caída del alimento al plato por medio de la apertura y cierre de una compuerta controlada por un servomotor, la caída del alimento es por gravedad y la cantidad dependerá del tiempo que se mantenga abierta la compuerta (ICAZA, y otros, 2017).

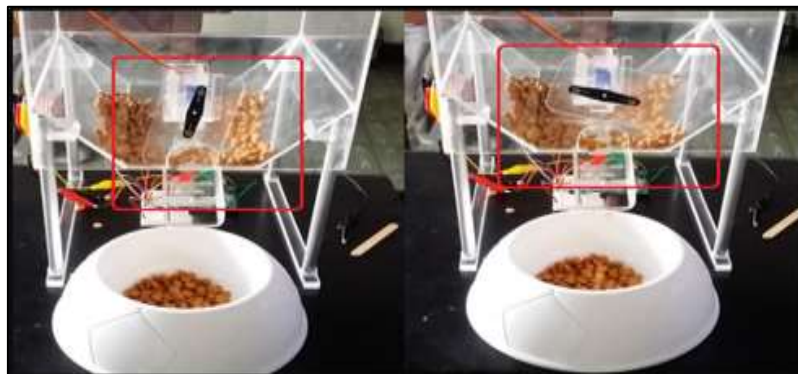


Figura 4-1: Dosificador de alimento gravitacional por apertura y cierre de compuerta

Fuente: (N9, 2020)

1.1.4.3 Dosificador de alimento por tornillo transportador

Su funcionamiento se basa a partir del giro de un tornillo sin fin dentro de un canalón fijo por donde se transporta longitudinalmente el producto, el tornillo está conectado a la unidad de almacenamiento que lo alimenta de materia prima, mientras que hay un orificio de salida del

producto. Es uno de los más usados por su simplicidad y adaptabilidad a cualquier tipo de materia prima, es capaz de dispensar en respectivos intervalos de tiempo (LEÓN QUENGUAN, y otros, 2013). La figura 5-1, señala los elementos de un sistema de dosificación por tornillo.

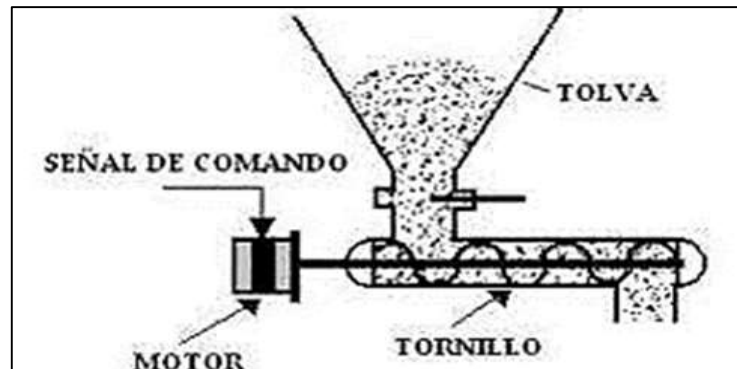


Figura 5-1: Elementos de un sistema de dosificador por tornillo

Fuente: (LEÓN QUENGUAN, y otros, 2013)

1.1.4.4 Dosificador de alimento por compuerta rotativa

El elemento principal de este dosificador es una compuerta rotativa de construcción simple y robusta, pero de menos precisión, con su movimiento accionado con un motor cuya velocidad puede ser controlada externamente se manipula el despacho del alimento como se muestra en la figura 6-1 (LEÓN QUENGUAN, y otros, 2013).

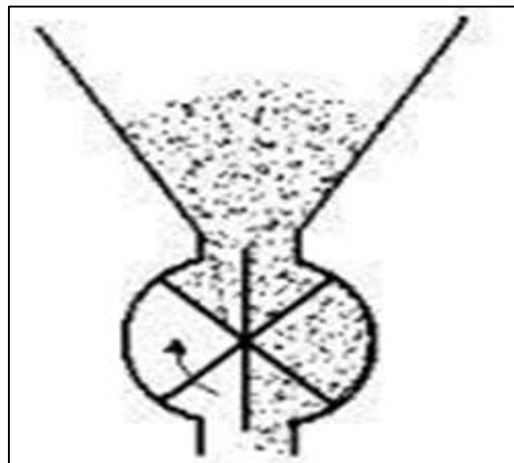


Figura 6-1: Dosificador por compuerta rotativa

Fuente: (LEÓN QUENGUAN, y otros, 2013)

1.1.4.5 Análisis comparativo de los diferentes tipos de dosificadores

Para realizar la selección del tipo mecanismo para la dosificación de alimento de perros para el prototipo es necesario evaluar varias características y parámetros considerados en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Cuadro comparativo de las características de los métodos de dosificación

| Características | Dosificador de alimento gravitacional con compuerta | Dosificador de alimento por tornillo | Dosificador de alimento por compuerta rotativa |
|--|--|---|---|
| Precisión | Media | Alta | Media |
| Espacio instalación del mecanismo | Baja | Alta | Media |
| Número de componentes | Baja | Alta | Media |
| Tipo de dosificación | Controlada | Controlada | Controlada |
| Actuador eléctrico | Si | Si | Si |
| Permite vinculación de recursos tecnológicos para su control | Si | Si | Si |
| Costo | Medio | Alto | Medio |





Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

En base a las características expuestas en la tabla 2-1 se determina que los dosificadores gravitacionales con compuerta resultan ideales para la aplicación por el costo y el espacio de instalación, a pesar de no tener una gran precisión al momento de dosificar esto no es un factor que incida para no ser seleccionado, el grado de error en su dosificación será mínimo con un mecanismo adecuado capaz de no incidir de manera notable en la alimentación de la mascota. El uso de un actuador eléctrico para control del posicionamiento de la compuerta permite incorporar dispositivos electrónicos para su control temporizado.

1.1.5 Dosificadores comerciales de alimento para perros

Una revisión de productos ofertados en el mercado permite citar en la Tabla 3-1 cuatro de los modelos de dispensadores más destacados, cuyas características sustentan la solución a generarse para la problemática planteada.

Tabla 3-1: Modelos de dispensadores de alimento para mascotas comerciales

| Modelo | Fabricante | Descripción |
|---|----------------|---|
|  <p>Automatic Pet Feeder</p> | Feed & Go | <ul style="list-style-type: none"> • Posee una interfaz programable a través de una aplicación instalada en el Smartphone. • Puede vigilar a su mascota a través de una cámara para estar más al pendiente. • Funciona conectándolo a la energía eléctrica. |
|  <p>Crown Majestic Diamond</p> | Crown Majestic | <ul style="list-style-type: none"> • Puede administrar la comida en cantidades de ½, ¼, 1 y 2 tazas de alimento seco. • Dispone de una pantalla LCD en la que se puede visualizar y programar la cantidad y la hora específica para proveer el alimento. • Se alimenta de la fuente de energía domiciliaria o puede hacer uso de 4 pilas AA. |
|  <p>Mypower</p> | MV power ® | <ul style="list-style-type: none"> • Es programable con 3 comidas al día según el horario de cada mascota. • Posee una capacidad de 5,5 Kg. Se rellena de forma manual. • Tiene micrófono con el que se puede grabar un breve mensaje del propietario para la mascota. |
|  <p>Aspen Pet Lebistro</p> | Aspen Pet | <ul style="list-style-type: none"> • Posee una pantalla LCD para programar comidas y establecer tamaños de porciones. • Funciona con 3 pilas D. • No posee control remoto. • Tiene una capacidad de 1,6 Kg. Se rellena de forma manual cuando se requiera. |

Fuente: (NOLES MALUCÍN, y otros, 2020)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 3-1 se determina que los dispensadores trabajan con el principio de gravedad, el alimento sigue cayendo al recipiente de almacenamiento mientras la mascota va comiendo, se verificó también la existencia de dispensadores con recursos tecnológicos que permiten desde tener incluso un monitoreo visual de la mascota, así como por medio de interfaces gráficas programarlos para su activación automática en tiempos específicos. En cuanto a la capacidad máxima de almacenamiento de todo dispensador es de 1Kg y adicionalmente de dispensar alimento dispensan agua (NOLES MALUCÍN, y otros, 2020).

1.2 Alimentación de los perros

El desconocimiento hace que muchas de las veces los propietarios den a sus perros sobras de comida casera, vísceras o carne cruda lo que puede desembocar en infecciones, otras veces la falta de tiempo de los propietarios de mascotas hace que opten por llenar recipientes de comida con el fin de dejar abastecidas a sus mascotas (PINEDO, 2014).

Estudios realizados han permitido el desarrollo de alimento en forma de croquetas sólidas que concentran lo que requieren los perros para su nutrición adecuada. En los contenedores de los mencionados alimentos suele existir una tabla de cantidades sugeridas para la alimentación de las mascotas según factores como el tipo de raza (pequeño, mediano, grande y gigante), edad, peso y actividad física. (CASTILLO LOZADA, 2017). Se recomienda alimentar a las mascotas 3 veces al día en el caso de disponer del tiempo y si no, pues optar por dos alimentaciones al día, con la finalidad de establecer un horario de alimentación en los perros y generar en ellos hábitos para realizar sus necesidades biológicas (CASTILLO LOZADA, 2017).

El prototipo se enfoca a brindar un aporte para poder contribuir en la alimentación de los perros considerando mantener un horario de alimentación, cantidad de alimento y agua para generar una rutina alimenticia disciplinada en las mascotas (PINEDO, 2014). Como se puede observar en la tabla 4-1, existe la posibilidad de diferenciar a los perros acorde a su raza existiendo pequeños, medianos y grandes factor relacionado directamente con la alimentación.

Tabla 4-1: Tipos de Razas de perros

| Tipo | Característica |
|----------------|---|
| Razas Pequeñas | Se considera en este subgrupo de razas con un peso entre 3-14 kilos con los cuales con llevan ventajas en cuanto a las otras razas, debido a que son tranquilos y se los puede transportar fácilmente en cuanto a paseos no requiere gran actividad física. |
| Razas Medianas | Se consideran en este subgrupo de razas a perros con un peso 14-25 kilos los cuales se adaptan en espacios medianos y grandes cuyos cuidados son de facilidad al momento de atenderlos. |
| Razas Grandes | Se consideran en este subgrupo de razas a perros con un peso mayor a 25 kilos son ideales para compartir horas de ejercicio, ya que corren trayectos de hasta 70 km por lo general con tendencias independientes. |

Fuente: (CASTILLO LOZADA, 2017)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Se considera según la web Dog First una regla básica para la alimentación de perros adultos: “*Debe comer entre el 2-2,5% de su peso corporal por día en alimentos*”, en base a dicha aseveración se cita la Tabla 5-1 muestra una parte del **ANEXO A** que presenta según la raza de los perros y su peso mínimo y máximo la cantidad de alimento mínimo, máximo y promedio que debe consumir diariamente, adicionalmente se incluye la cantidad de agua que tiene una relación de 0,75 por cada gramo de alimento.

Tabla 5-1: Razas, valores de peso, cantidad de alimento diario y cantidad de agua promedios

| Num | Nombre de la Raza | Peso | | Cantidad Alimento Diario (gramos) | | | Cant. Agua (mililitros) |
|-----|--------------------------------|------|-----|-----------------------------------|-------|------|-------------------------|
| | | Min. | Max | Min | Prom. | Max. | |
| 1 | Affenpinscher | 3 | 6 | 60 | 90 | 120 | 70 |
| 2 | Afghan hound | 26 | 34 | 520 | 600 | 680 | 450 |
| 3 | Airedale terrier | 23 | 29 | 460 | 520 | 580 | 390 |
| 4 | Akita | 45 | 59 | 900 | 1040 | 1180 | 780 |
| 5 | Alaskan malamute | 30 | 40 | 600 | 700 | 800 | 530 |
| 6 | American eskimo dog | 8 | 16 | 160 | 240 | 320 | 180 |
| 7 | American foxhound | 29 | 34 | 580 | 630 | 680 | 470 |
| 8 | American Staffordshire terrier | 18 | 25 | 360 | 430 | 500 | 320 |
| 9 | American water spaniel | 14 | 20 | 280 | 340 | 400 | 260 |
| 10 | Anatolian shepherd dog | 41 | 68 | 820 | 1090 | 1360 | 820 |
| 11 | Australian cattle dog | 14 | 18 | 280 | 320 | 360 | 240 |
| 12 | Australian shepherd | 25 | 32 | 500 | 570 | 640 | 430 |
| 13 | Australian terrier | 6 | 8 | 120 | 140 | 160 | 110 |
| 14 | Basenji | 10 | 12 | 200 | 220 | 240 | 170 |
| 15 | Basset hound | 25 | 34 | 500 | 590 | 680 | 440 |
| 16 | Beagle | 10 | 11 | 200 | 210 | 220 | 160 |

Fuente: (Federation Cynologique International, 2022)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 5-1, se establece la forma en la que el prototipo considerará la forma de alimentación de los perros.

1.3 Tarjetas de desarrollo

Son una herramienta para el desarrollo de sistemas electrónicos digitales y analógicos, contienen controladores o microcontroladores que ejecutan una serie de instrucciones de acuerdo o lo determinado en una programación (GONZÁLEZ, y otros, 2013). En el mercado local las tarjetas de desarrollo más comercializadas son:

1.3.1 Tarjeta Raspberry Pi

Es un mini ordenador de gran capacidad que permite conectar periféricos tales como el mouse, pantalla, teclado entre otros; se presenta en varios modelos, cada uno de ellos caracterizado por el número de entradas y salidas, características y módulos; operan con el *software* principal Raspbian de la versión *Debian*, y soportan sistemas operativos como GNU/Linux y la versión de Windows 10. En la figura 7-1, se puede observar una tarjeta Raspberry Pi 3 (RASPBerry PI, 2018).



Figura 7-1: Raspberry Pi 3

Fuente: (LÓPEZ, 2020)

1.3.2 Tarjeta Stellaris Launchpad

Es una tarjeta para microcontroladores ARM® Cortex™-M4F de Texas Instruments, en su diseño resalta un microcontrolador LM4F120H5QR, puerto USB y un módulo de hibernación, cuenta con botones programables por el usuario y leds RGB para aplicaciones personalizadas. Las regletas apilables de la Stellaris Launchpad LM4F120 le permiten expandir su funcionalidad muy fácilmente al interactuar con otros periféricos, en la figura 8-1 se aprecia una Stellaris Launchpad LM4F120 (Robiz.net, 2022).



Figura 8-1: Stellaris Launchpad LM4F120

Fuente: <https://n9.cl/mhjoy>

1.3.3 Tarjeta Arduino

Es una tarjeta electrónica de *hardware* y *software* de código abierto, capaz de interactuar con sensores para luego convertir sus señales y manejar actuadores o realizar otro tipo de acciones como enviar los datos después de procesarlos, para su programación emplea el IDE de Arduino que es multiplataforma, se ejecuta en Windows, Macintosh OS X y Linux, en la figura 9-1 se aprecia los modelos de placas Arduino (ARDUINO, 2021):

- Arduino UNO
- Arduino Leonardo
- Arduino Micro
- Arduino Leonardo
- Arduino Mega
- Arduino Nano.



Figura 9-1: Modelos de tarjetas Arduino

Fuente: (GONZÁLEZ, 2020)

1.3.4 Análisis comparativo de las tarjetas de desarrollo

Las tarjetas de desarrollo descritas son los modelos más comercializados en el mercado local y se realiza un análisis comparativo con el fin de definir el o los componentes ideales a emplearse como base del diseño del prototipo planteado en este trabajo.

Con un enfoque específico a la inserción de recursos tecnológicos en el dispositivo a implementarse en la tabla 6-1, se citan las principales características de las tarjetas de la familia Arduino, Stellaris y Raspberry.

Tabla 6-1: Cuadro comparativo de familias de tarjetas de desarrollo

| | Arduino | | | | | | | | Stellaris | Raspberry |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------|--|
| Fabricante | Arduino | Arduino | Arduino | Arduino | Arduino | Arduino | Arduino | Netduino | Texas instruments | Fund. Raspberry Pi |
| Modelo | Pro Mini | Nano | Uno | Mega | Leonardo | Micro | Due | Netduino 2 | Stellaris Launchpad LM4F120 | Raspberry Pi3 Mod. B+ |
| Microcontrolador/ microprocesador | AVR ATMega 168 ó 328 8 bits | AVR ATMega 168 ó 328 8 bits | AVR ATMega 168 ó 328 8 bits | AVR ATMega 2560 8 bits | AVR ATMega 32u4 8 bits | AVR ATMega 32u4 8 bits | ARM SAM3XBE Cortex-M3 32bits | ARM STMICRO STM32F2 Cortex-M3 32 bits | ARM LM4F120H5QR Cortex-M4 | ARM Broadcom BCM2835 |
| Frecuencia | 16MHz | 16MHz | 16MHz | 16MHz | 16MHz | 16MHz | 84MHz | 120MHz | 80MHz | 900MHz |
| Memoria Flash | 16 ó 32 KB | 17 ó 32 KB | 32 KB | 128 ó 256 KB | 32 KB | 32 KB | 512KB | 192KB | 256KB | 1GB LPDDR2 |
| Memoria EEPROM | 1KB | 1KB | 1KB | 4KB | 1KB | 1KB | 0 | 0 | - | - |
| Memoria RAM | 2KB | 2KB | 2KB | 8KB | 2,5KB | 2,5KB | 96KB | 60KB | 32KB | 512KB |
| Pines digitales entradas/salidas | 14/14 | 14/15 | 14/16 | 54/54 | 20/20 | 20/20 | 54/54 | 20/20 | 43/43 | 8/8 |
| Pines analógicos | 6/0 | 8/0 | 6/0 | 16/0 | 12/0 | 12/0 | 12/2 | 6/0 | - | - |
| Conexión Serial UART | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | 8 | Si |
| Conexión USB | No | Si | Si USB-B | Si Nativa Micro USB | Si Nativa Micro USB | Si Nativa Micro USB | Si Nativa Micro USB | Si Nativa Micro USB | Si Nativa Micro USB | Si Micro USB |
| Conexión WIFI | No | No | No | No | No | No | No | No | No | Si (2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac) |
| Conexión Ethernet | No | No | No | No | No | No | No | No | No | Gigabit Ethernet over USB 2.0 (300 Mbps de máximo teórico) |

Fuente: (ARDUINO, 2021), (RASPERRY PI, 2018)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 6-1, se establece que tanto la tarjeta Raspberry Pi3 y Arduino UNO presentan ciertas características importantes para el desarrollo de este proyecto; la primera abarca características de procesamiento, comunicación serial, soporte de conectividad propiedades que respaldan su actuación como plataforma *hardware* de soporte de aplicaciones *software*; el segundo por ser un dispositivo más robusto al momento de interactuar con el medio físico y su disponibilidad de actuadores y sensores embebidos incorporables a sus puertos de entrada y salida de señales digitales y analógicas.

1.4 Actuadores

Son dispositivo que tiene la capacidad de transformar una energía normalmente hidráulica, neumática y eléctrica en un movimiento lineal o angular para la activación de un proceso automatizado, existen tres tipos (GUZMÁN LÓPEZ, y otros, 2019):

- **Neumáticos:** Se puede mencionar que son los más utilizados a nivel industrial en sistemas de posicionamiento, activación, entre otros, su costo es accesible.
- **Hidráulico:** Son empleados en entornos donde se requiere de potencia, sin embargo tal vez puede ser considerado un inconveniente su elevado costo.
- **Eléctrico:** Considerado como aquel que dispone de mejores recursos para la implementación de sistemas de control eléctrico y electrónico, siendo una buena opción al momento de manipular movimiento.

La tabla 7-1, presenta una comparativa entre características cualitativas de los actuadores eléctricos y neumáticos, no se consideran los hidráulicos por ser aplicados en entornos donde se requiere alta potencia, para el prototipo a implementarse no es el caso.

Tabla 7-1: Cuadro comparativo de las características de los tipos de actuadores

| Factor | Actuador eléctrico | Actuador neumático |
|---------------------------|--|---|
| Fuente de energía | Energía eléctrica de CC o AC. | Aire a Presión (5-10 bar) |
| Instalación | Cableado simple | Requiere de conexiones especiales |
| Trabajo | Silencioso | Ruidoso |
| Accionamientos | Interruptores (Contactos) | Electroválvulas |
| Posicionamiento | Gran precisión de posicionamiento. Flexibilidad | Limitación de posiciones intermedias de forma condicional |
| Sujeción | Requiere mantener la potencia para mantener sujeción de la carga | No requiere mantener la potencia para mantener sujeción de la carga |
| Riesgo de Incendio | Existe | No existe |

Fuente: (GUZMÁN LÓPEZ, y otros, 2019)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 7-1, se determina que el actuador eléctrico es el adecuado porque su fuente de alimentación es energía eléctrica y puede ser tomada del suministro eléctrico doméstico donde se

instale el dispensador sin necesidad de dispositivos adicionales como un compresor que lo requeriría un actuador neumático.

1.4.1 Actuadores eléctricos

En este apartado a continuación se exponen los actuadores eléctricos más comunes y disponibles en el mercado que pueden ser adaptables a un sistema de dosificación.

1.4.1.1 Motor de corriente (DC)

Este tipo de motor se encuentra conectado a una red de donde consume energía eléctrica para transformarla en energía mecánica, origina un par motor que lo hace girar. Estos motores controlan la velocidad y la dirección mediante un *driver* y la manipulación de un pulso eléctrico de ancho de variable (PWM, por sus siglas en inglés) (RODRÍGUEZ POZUETA, 2017 pág. 7). La estructura interna del motor de corriente DC se muestra en la figura 10-1.

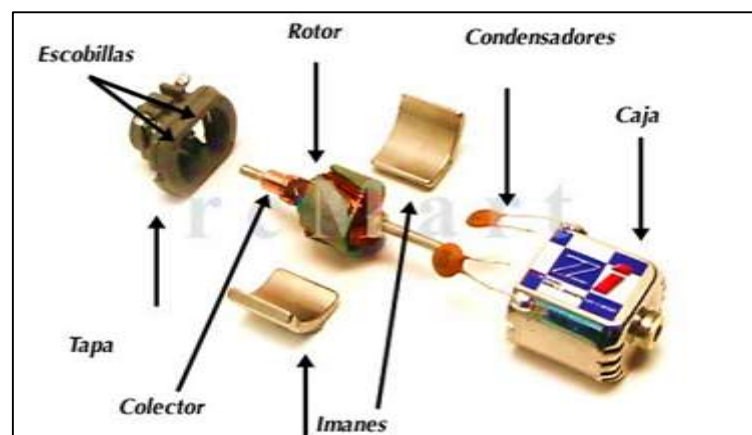


Figura 10-1: Estructura interna de un motor de DC

Fuente: (JUNTA DE ANDALUCIA, 2020)

1.4.1.2 Motor paso a paso

Es un actuador electromagnético rotatorio que transforma mecánicamente entradas de pulsos digitales a movimientos digitales o movimientos rotatorios incrementales de la flecha. Es utilizado en sistemas de control de velocidad, distancia y dirección de movimiento exactas. Existen dos tipos de motores paso a paso estos son: unipolares y bipolares su característica diferenciadora física es los cables que posee cada motor (TME ELECTRONIC COMPONENTS, 2020). La figura 11-1, representa la estructura interna de un motor de paso.

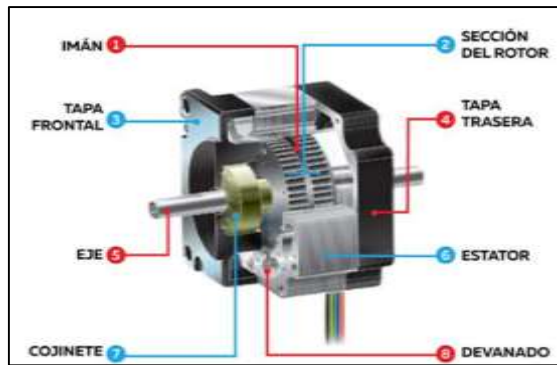


Figura 11-1: Estructura interna del motor de paso

Fuente: (STACK IMGUR, 2020)

1.4.1.3 Motor servo

Es un actuador rotativo que permite controlar precisamente la posición angular, aceleración y velocidad. Este actuador utiliza un motor común y corriente e integra un sensor para retroalimentación de posición. Los servomotores solo pueden realizar un giro de 90° en cualquier dirección para completar un giro de 180° y se controlan enviando un pulso eléctrico de ancho variable o PWM por sus siglas en inglés a través del cable de control (AULA 21, 2020). La estructura interna del motor servo se indica en la figura 12-1.

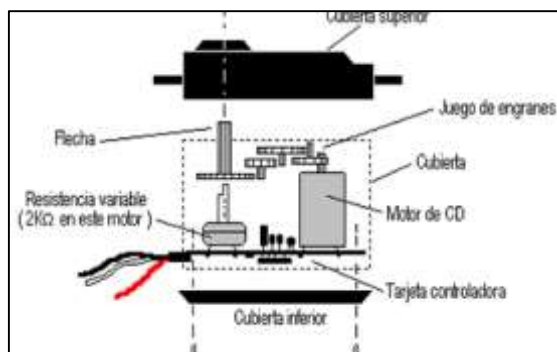


Figura 12-1: Estructura interna del motor servo

Fuente: (TODOELECTRODO, 2016)

1.4.2 Análisis comparativo de los actuadores eléctricos

Para realizar la selección del tipo de actuador eléctrico para el prototipo se considera la revisión de variables cualitativas y cuantitativas como se muestra en la tabla 8-1.

Tabla 8-1: Cuadro comparativo de las características de actuadores eléctricos

| Especificaciones técnicas | Motor DC | Servomotor | Motor PaP |
|--|--|---|---|
| Control de velocidad | PWM | PWM (interno) | Por pasos |
| Alimentación | Amplia gama | 4 y 8V | 9, 12, 15, 18, 24 o 28[v] |
| Número de cables | Dos cables y los dos cables son de alimentación y tierra | Tres cables alimentación, GND y control | Bipolar: 4 u 8 conductores. Unipolar: 5 cables, 6 cables o incluso 8 cables. |
| Velocidad | Ajustable | Ajustable | Ajustable |
| Control de Posición | No | Si | Si |
| Compatibilidad con señales de microcontroladores | Circuito Adicional (Drivers) | Si (Terminal de control) | Circuito Adicional (Drivers) |
| Ángulo de rotación | 360 | 180 | 360 |
| Tipo de control | Controlador clásico | Controlador digital | Controlador digital |

Fuente: (GUZMÁN LÓPEZ, y otros, 2019) (Zicodrive, 2022)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 8-1 se determina el uso de un servomotor por su facilidad de control a través de un solo terminal que puede ir conectado directamente a un microcontrolador sin necesidad de un dispositivo adicional (Driver).

1.5 Sensor

Es un transductor que detecta una variable física como movimientos, ruidos, presión, luces y cualquier otro tipo de elemento externo y entrega un nivel de voltaje o corriente, una señal eléctrica, la misma que puede ser empleada con diferentes fines dentro de un sistema de control. (FUENTES, 2018 pág. 1).

1.5.1 Sensor inductivo

Su funcionamiento relaciona el fenómeno de amortiguamiento que se produce en el campo magnético a causa de las corrientes inducidas también conocidas como corrientes de Foucault en materiales metálicos que se encuentren en la cercanía (CARLETTI, 2020). La figura 13-1, representa el principio de funcionamiento del sensor inductivo.

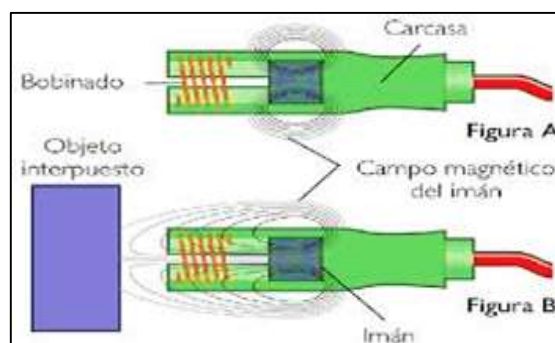


Figura 13-1: Sensor inductivo

Fuente: (ECURED, 2020)

1.5.2 Sensor capacitivo

Fundamentan su accionar en la detección de variaciones de la capacidad parásita que se origina entre el detector y el objeto cuya distancia se desea medir. Este tipo de sensor se usa para medir distancias a objetos metálicos y no metálicos (CARLETTI, 2020). Este es mostrado en la figura 14-1.

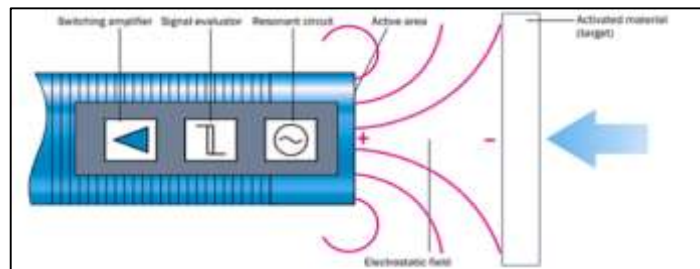


Figura 14-1: Sensor capacitivo

Fuente: (SEPIA, 2020)

1.5.3 Sensor óptico de barrera

Detecta objetos a distintos rangos de distancias y en algunos casos dan información de la distancia en algunos modelos. Fundamentan su funcionamiento en la detección mediante triangulación (CARLETTI, 2020). La figura 15-1, representa el principio de funcionamiento del sensor capacitivo.

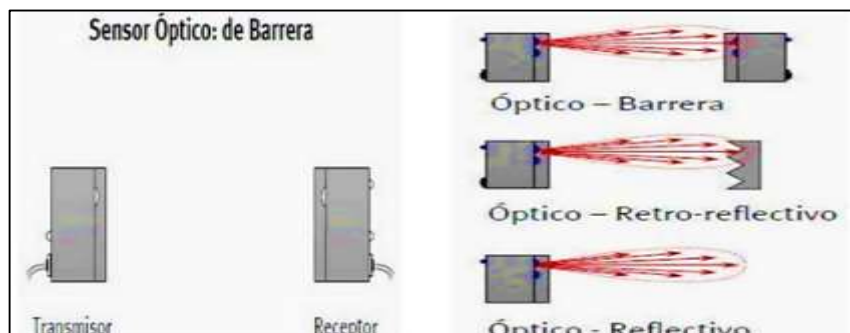


Figura 15-1: Sensor infrarrojo

Fuente: (SLIDESHARE, 2020)

1.5.4 Sensor ultrasónico

Miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas, contando el tiempo entre la emisión y la recepción (KEYENCE, 2020). La figura 16-1, representa el principio de funcionamiento del sensor ultrasónico.

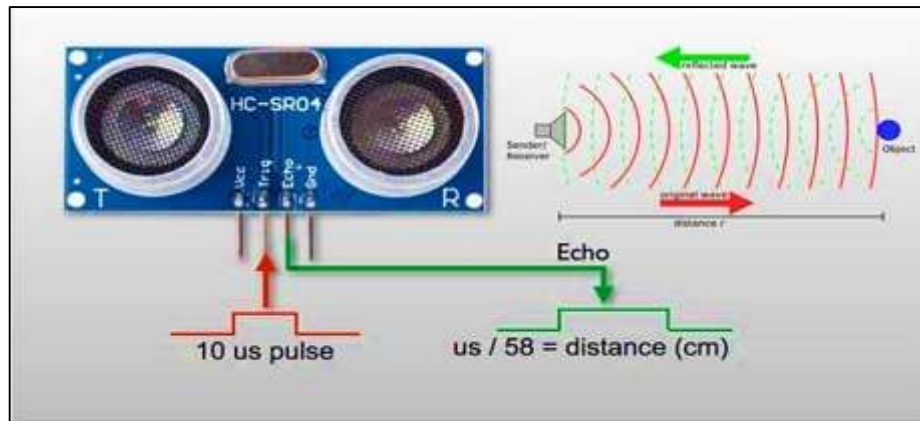


Figura 16-1: Sensor ultrasónico

Fuente: (GEEKFACTORY, 2020)

1.5.5 Análisis comparativo de los sensores

Presentadas las opciones de sensores disponibles para evaluar la presencia del alimento en el dispensador a implementarse, se generó la tabla 9-1, para realizar una comparación evaluando su rango de detección, precisión y costo en el mercado local.

Tabla 9-1: Cuadro comparativo de las principales características de sensores

| Modelo de sensor | Rango de medida (mm) | Tipo de acción | Detección |
|-------------------|----------------------|--|---|
| Inductivo | 4 a 40 | Sensor de conmutación | Objetos metálicos |
| Capacitivo | 0,05 a 10 | Sensor de conmutación | Objetos metálicos o no metálicos, incluso líquidos |
| Ultrasónico | 30 a 3000 | El valor lo dará preferentemente en valores de tensión (0...10 V DC) o valores de intensidad (4...10 mA) | Cualquier superficie |
| Óptico de barrera | 100 a 800 | Sensor de conmutación | Cualquier objeto que genere obstrucción del haz de luz infrarroja |

Fuente: (CARLETTI, 2020)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 9-1, se puede determinar que los sensores ultrasónicos tienen mayor rango de medida y al trabajar con bajos niveles de voltaje y corriente son datos directamente procesables por un microcontrolador y/o microprocesador.

1.6 Tecnologías de comunicación inalámbrica

Aquellas que hacen posible la capacidad de comunicarse entre dos o más dispositivos tecnológicos estáticos o en movimiento sin necesidad del uso de cables o medios físicos a continuación.

1.6.1 Tecnología GSM

Es la abreviatura de Sistema Global para las comunicaciones Móviles (Global System for Mobile Communications) por sus siglas en inglés, éste estándar desarrollado a partir de 1982, cuando fue estandarizado por primera vez, denominado "Groupe Special Mobile", surgió como idea para el desarrollo de un estándar europeo de telefonía móvil digital.

En 1991 se convirtió en un estándar internacional GSM y comenzaron a presentarse los primeros prototipos de telefonía; En Europa, utiliza las bandas de frecuencia de 850, 900 y 1800 MHz, mientras que en los Estados Unidos se usa la banda de frecuencia de 1900 MHz, en consecuencia, los dispositivos de comunicaciones móviles que pueden operar en ambas sitios se conocen como cuatribanda (Quadband), permite transmisiones digitales de voz y datos, como mensajes de texto (SMS) o mensajes multimedia, respecto a su arquitectura de red, todo terminal móvil debe estar constituido por una tarjeta SIM (Módulo de identificación de abonado) y el propio dispositivo, normalmente un teléfono móvil, la tarjeta SIM es la encargada de identificar en la red al usuario y al terminal móvil (COULOURIS, 2003).

1.6.2 Bluetooth

Se originó del trabajo conjunto de varias compañías del sector tecnológico a la cabeza de Ericsson proyecto al cual se fueron juntando a través del tiempo otras empresas como Microsoft, obteniendo la inmediata aceptación por parte de los fabricantes y que pronto los usuarios la convirtieron en parte del día a día, experimentando con mejoras y versiones, hasta tener la posibilidad de conectar varios dispositivos e intercambiar información entre ellos de manera cómoda y sencilla, se trata de una tecnología para la transferencia de voz y datos (GONZÁLEZ VERGARA, 2008).

1.6.3 WiFi

Procede de la terminología inglés *Wireless Fidelity*, en español, Fidelidad inalámbrica. Se trata de una tecnología inalámbrica de transmisión de datos utilizada para Internet basada en ondas de radio, como la propia radio, la televisión o la telefonía móvil. Ahora bien, las frecuencias que se utilizan son distintas, concretamente el WiFi utiliza la de 2,4GHz y 5GHz estándares de conectividad *WiFi* (SALAZAR, 2017).

1.6.4 Análisis comparativo de tecnologías de comunicación inalámbrica

Para realizar una correcta selección de las tecnologías de comunicación inalámbrica que cubran las necesidades del prototipo se evalúan las consideradas en la revisión bibliográfica exponiendo sus principales características mostradas en la tabla 10-1.

Tabla 10-1: Cuadro comparativo de las principales características de tecnologías de comunicación inalámbrica

| Especificaciones técnicas | GSM | Bluetooth | WiFi |
|--|--|--|---|
| Frecuencia de banda | Frecuencias 850, 900, 1800 y 1900 MHz | Universal 2,4 GHz | Universal 2,4 GHz |
| Velocidad máxima de transmisión de datos | GPRS 56 a 144 kbps. En la práctica son unos 40 kbps. | 2 Mb/s (16000 kb/s) | 2 Mb/s (16000 kb/s) |
| Alcance máximo (condiciones ideales) | Extensa cobertura mundial | 15 metros | 30 metros (Depende del router) |
| Conectividad con la internet | 80 Kbps | No | 802.11a 5 GHz 54 Mbps 802.11b 2,4 GHz 11 Mbps 802.11g 2,4 Ghz 54 Mbps 802.11n (WiFi 4) 2,4 GHz y 5 Ghz 600 Mbps 802.11ac (WiFi 5) 5 Ghz 1,3 Gbps 802.11ax (WiFi 6) 2,4 y 5 GHz 10 Gbps |
| Consumo energético transmisión | 100 mA | 40 mA | 400 mA |
| Consumo energético en reposo | 77 mA | 0.2 mA | 20 mA |
| Tipo de red | Estrella (nodo central antena) | Estrella (nodo central pasarela punto a punto pasarela – router) | Estrella (nodo central router) |
| Número máximo de dispositivos | Gran cantidad de dispositivos | Depende de la pasarela | Depende del router |

Fuente: (WHEELER, 2018)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 10-1 se considera el uso de la tecnología Wifi y la GSM por poseer características de utilidad para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto. Wifi porque permite el acceso directo y a velocidades altas al internet y es una interfaz disponible en el entorno doméstico sector donde está enfocado el uso del proyecto, y el GSM por su posibilidad de conectar gran cantidad dispositivos y hacerlo a través de dispositivos móviles de comunicación al alcance y uso diario de los usuarios.

1.7 Internet de las cosas (IoT)

Esta aplicación tecnológica da inicios a finales de la década de los noventa , se atribuye al británico Kevin Aston quien introdujo el concepto de objetos de la vida cotidiana introduciendo información a la web sin ayuda del ser humano, esta tecnológica, hace referencia a sistemas informáticos que están presentes en todo: la ropa, las casas, los vehículos, los lugares de trabajo, los accesorios de uso cotidiano e incluso en las partes del cuerpo humano, representa entonces una nueva dimensión digital donde gran cantidad de objetos adquieren mayor capacidad de cómputo y toman, en cierta medida, consciencia del entorno mejorando su poder de procesamiento y su independencia energética (GÓMEZ, 2019).

IoT busca la incorporación de 2 extremos que se comunican por Internet, en un extremo permanecen dispositivos pequeños (las cosas) con recursos limitados que interactúan de manera directa con el planeta físico; el otro extremo está formado por servidores potentes que tienen la posibilidad de proveer una interfaz web de gestión o una base de datos para guardar información de sensores. Concentra algunas tecnologías diferentes como tecnologías de sensores, colección de datos, conectividad, almacenamiento, estudio y visualización de datos y dispositivos móviles (BUYYA, y otros, 2016), (PÉREZ, 2014).

Se puede utilizar a diversos espacios gracias a la porción sin límite de usos que puede darse a los productos y servicios es dependiente de la creatividad y talento de los desarrolladores. Se puede adaptar a varios campos de la actividad humana, haciendo más fácil y perfeccionando su calidad de vida en diversas maneras (BUYYA, y otros, 2016).

La arquitectura IoT se muestra en la figura 14-1. Hay tres elementos clave que usualmente se mencionan en la arquitectura IoT (RS COMPONENTS, 2020):

- **Dispositivos IoT:** Dispositivos que se pueden conectar por cable o de forma inalámbrica a una red más amplia.
- **Redes:** De forma parecida a los routers domésticos, las redes o las puertas de enlace conectan varios dispositivos IoT a la nube.
- **Nube:** Servidores remotos en centros de datos que consolidan y almacenan los datos con seguridad.

1.7.1 Plataformas IoT

Son aquellas que ofrecen un conjunto completo de funcionalidades genéricas que combinan la funcionalidad de sensores, dispositivos, redes y *software* para la obtención de datos valiosos y procesables dentro de una aplicación del Internet de las cosas, la elección de la plataforma adecuada para cualquier negocio es vital para el éxito de sus soluciones ahora y en el futuro (VALDEZ ALVARADO, 2018).

La plataforma IoT es la base de la pirámide de tecnologías IoT. Su arquitectura representa un conjunto de componentes de software que permite la conexión y el intercambio de información entre dispositivos de IoT y aplicaciones de IoT. En el entorno de desarrollo cotidiano se encuentran ya aplicaciones IoT sobre varias plataformas, entre ellas se distinguen ThingSpeak, Spark, Ubidots, Azure IoT Hub entre otras, de las mismas que a continuación se expone una breve descripción (VALDEZ ALVARADO, 2018).

1.7.2 ThingSpeak

Es una plataforma *software* que permite el análisis basado en la IoT empleado para agregar, analizar y visualizar datos de forma directa a partir de flujos de la nube, además permite llevar a cabo el monitoreo de los datos enviados por los dispositivos. Ofrece como recurso la posibilidad de que en el caso de requerir el análisis y procesamiento de grandes cantidades de datos online a medida que los recibe ejecutar código MATLAB (MARTÍNEZ MORENO, 2019).

A continuación, algunas de sus principales características (MARTÍNEZ MORENO, 2019):

- Fácil configuración de los dispositivos que envían datos a ThingSpeak.
- Visualización en tiempo real de los datos adquiridos de los diferentes sensores.
- Usar la potencia de MATLAB para procesar los datos.
- Prototipado y construcción de sistemas IoT sin necesidad de servidores o desarrollo software.
- Actuar automáticamente sobre los datos, permitiendo también la comunicación con servicios como Twilio o Twitter.

1.7.3 Spark Works

Es una plataforma software bidireccional, es decir, recoge eventos generados por los dispositivos IoT y envía comandos a los mismos que se encuentren conectados a la red. Además, ofrece la plataforma gratuita SensorFlare que permite implementar de manera fácil y rápida la aplicación ofreciendo varias prestaciones y compatibilidad entre dispositivos inteligentes de diferentes fabricantes (MARTÍNEZ MORENO, 2019).

A continuación, algunas de sus principales características (MARTÍNEZ MORENO, 2019):

- Rápido acceso a los datos de los dispositivos IoT, valores de los sensores y analítica de datos.
- Métodos sencillos para combinar vistas de dispositivos, etiquetar y filtrar dispositivos y acceder a datos históricos.
- Acceso abierto desde cualquier lugar a través a un gran conjunto de proyectos de código abierto.
- Ofrece plantillas de código para conectar los dispositivos IoT y configurar tareas de análisis de datos.
- Fácil monitorización de datos de los sensores conectados a la red.

1.7.4 Ubidots

Ubidots es una plataforma IoT especializada en soluciones de hardware y software conectadas para el monitoreo, control y automatización de procesos remotamente, empleado en escenarios

de la salud, energía, industria, fabricación, servicios públicos y transporte. Además, Ubidots cuenta con su entorno for Education que es una plataforma exclusiva para estudiantes que les permite construir, desarrollar, probar, aprender y explorar el futuro de las aplicaciones y soluciones conectadas a internet (MARTÍNEZ MORENO, 2019).

A continuación, algunas de sus principales características (MARTÍNEZ MORENO, 2019):

- Conexión del hardware a la nube con multitud de bibliotecas, SDKs y tutoriales.
- Configuración automática de variables, propiedades y de apariencia de los dispositivos para replicar el proceso en nuevos dispositivos.
- Personalización de la API.
- Mejora de la supervisión y el análisis de datos de las aplicaciones con integraciones API.
- Transformación de datos nativos en información mediante variables sintéticas.
- Creación de cuadros de mando en tiempo real para el análisis de datos y control de los dispositivos.
- Facilita compartir datos con enlaces públicos o integrando cuadros de mando o widgets en aplicaciones web privadas y móviles.
- Los comandos "kill switch" o "restart" pueden activarse cuando el *hardware* ha estado inactivo durante demasiado tiempo.
- Asignación de permisos y restricciones a cualquier usuario que interactúe con cuadros de mando, dispositivos y/o eventos.

1.7.5 Azure IoT Hub

Microsoft Azure es una plataforma *software* orientada a aportar en las necesidades comerciales y va expandiendo sus servicios en la nube. Es escalable con el número de usuarios. Mediante el Azure Portal o mediante programación a partir de las API y las plantillas específicas del servicio se administran los recursos a ser usados para la aplicación (MARTÍNEZ MORENO, 2019).

A continuación, algunas de sus principales características (MARTÍNEZ MORENO, 2019):

- Permite reducir los ciclos de comercialización al entregar características con mayor rapidez.
- La nube proporciona la capacidad de desarrollar e implementar soluciones desde cualquier lugar.

- Los servicios de inteligencia artificial y datos sólidos permiten la creación de aplicaciones inteligentes, permitiendo el desarrollo de aplicaciones web, back-ends de aplicaciones móviles y aplicaciones de API.
- Provee requisitos de seguridad y privacidad.
- Proporciona la infraestructura como servicio IaaS (Infrastructure as a Service) para ofrecer al usuario un control total sobre el hospedaje de las aplicaciones, implementando la aplicación a máquinas virtuales Windows o Linux.
- Ofrece una amplia variedad de servicios para obtener un desarrollo completamente personalizado.

1.7.6 Análisis comparativo de plataformas IoT

Para la selección de la plataforma IoT que se ajuste a los requerimientos del sistema de monitoreo remoto que va a implementarse en el dosificador de alimentos para mascota se propone el siguiente cuadro comparativo de la tabla 11-1, considerando soporte para lenguajes de programación, protocolos, ventajas y desventajas de las plataformas IoT consideradas.

Tabla 11-1: Cuadro comparativo de las principales características de plataformas IoT

| Plataforma IoT | Lenguajes Soportados | Protocolos Soportados | Ventajas | Desventajas |
|----------------|---|-----------------------|--|---|
| ThingSpeak | Matlab | MQTT HTTP | La plataforma es de código abierto. Ofrece gran número de integraciones de redes sociales. Creación de Prototipos de sistemas IoT sin crear servidores o desarrollar <i>software</i> . | Es necesario usar el servicio de terceros para alertas que no sean de Twitter. Dificil configuración y sistema poco intuitivo. Documentación limitada a <i>hardware</i> . |
| Spark Works | Scala Python Java | MQTT | Ideal para iniciarse. Escalable. Comunidad al alza. | Compatibilidad de <i>hardware</i> . |
| Ubidots | Python Java C PHP Ruby Node.js | MQTT HTTP | Dispone de numerosas librerías para placas de desarrollo específicas y lenguajes de programación. Posee dos tipos de cuentas, aquella gratuita para fines académicos y desarrolladores y la empresarial que mantiene un costo. Potente herramienta de representación gráfica de datos. | No permite la gestión de dispositivos por grupos. |
| Azure IoT Hub | Python C Node.js Java NET | MQTT AMQP HTTP | Plataforma con una multitud de servicios y una arquitectura muy definida por capas. Posee un sistema de interacción con el dispositivo muy completo. | Los mensajes entre servicios no se incluyen dentro de la tarifa base. Los precios se engloban en 4 categorías poco flexibles. |

Fuente: (MARTÍNEZ MORENO, 2019)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Del análisis de la tabla 11-1, se determinó que para el desarrollo del prototipo dispensador de alimento para mascotas Ubidots por la facilidad de acceso a la plataforma haciendo uso de la cuenta gratuita *For Education*, la disponibilidad de librerías específicas para la comunicación con

la Raspberry manejada desde el lenguaje libre Python y la interfaz gráfica que dispone para el monitoreo de las variables del proceso.

1.8 Visión Artificial (VA)

Tiene como objetivo extraer información utilizando un procesador o computador para obtener datos del mundo físico en base a imágenes, la representación de una realidad ofrece datos sobre colores, formas, brillo, etcétera; esta información es sobre la cual un sistema de visión artificial actuara, por lo general está en forma de escenas tridimensionales, imágenes en movimiento o imágenes estáticas (VÉLEZ SERRANO, 2003).

1.8.1 Etapas de un sistema de Visión Artificial

Posee cuatro fases principales, en éstas se trata de replicar la visión del ser humano, captura la luz por medio de los ojos, la información captada circula a través del nervio óptico hasta llegar al cerebro que es donde será procesada (VÉLEZ SERRANO, 2003):

- **Adquisición de imágenes:** consiste en la obtención de imágenes digitales con la utilización de algún tipo de sensor.
- **Pre-procesamiento:** se realiza un tratamiento digital sobre las imágenes con la finalidad de facilitar las siguientes fases y utiliza transformaciones geométricas, filtros y a su vez se eliminan partes no deseadas de la imagen o se realzan partes importantes de la misma.
- **Segmentación:** consiste en aislar objetos de mayor de interés de una imagen o escena para comprenderla.
- **Reconocimiento o clasificación:** el objetivo de esta fase es distinguir los objetos segmentados, con la ayuda de la caracterización que se instauran previamente con el fin de diferenciarlos.

1.8.2 Python

Es un lenguaje de "dirección" para códigos científicos escritos en otros idiomas, con herramientas básicas adicionales, se transforma en un lenguaje de alto nivel adecuado para el código científico y de ingeniería (PÉREZ, 2014).

Python es un lenguaje de paradigma múltiple y es compatible con la programación de procedimientos y la programación orientada a objetos. La principal ventaja de este lenguaje es que es simple y más fácil de aprender. La sintaxis simple ayuda a desarrollar incluso un algoritmo complejo para resolver un problema en un período corto (SAWAKINOME, 2021).

1.8.3 Open CV

Es una herramienta que ayuda en todo el camino de la visión artificial, desde la detección de movimiento, además de la identificación de los objetos, está disponible para todas las plataformas de sistemas operativos e incluye un soporte para lenguajes de programación entre ellos Python, C++, Java (NAVACERRADA, 2017).

CAPÍTULO II

2. PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO

En este capítulo se describen los requerimientos a cubrir por el prototipo enfocándolos desde los conceptos del campo veterinario, así como también la parte técnica relacionada con estructura, *hardware* y *software*, para en base a ellos ejecutar acciones para el diseño e implementación del prototipo. Se definen cada uno de los elementos utilizados, sus características, también se presentan los diagramas electrónicos del prototipo.

2.1 Requerimientos del prototipo

Con la fundamentación teórica se define la estructura de un dispensador de alimento de mascotas y realizada la selección de recursos y tecnologías a emplearse se plantean requisitos específicos que debe cumplir el prototipo:

- Utilizar para el prototipo material liviano fácil de transportar.
- Implementar un prototipo con un almacenamiento máximo de 1Kg para cubrir la demanda de alimento máxima que comería un perro de raza grande según lo revisado en la tabla 5-1.
- Incorporar al prototipo una dosificación de agua. Se debe combinar en su estructura un almacenamiento de agua con la posibilidad de dosificar en mililitros.
- Utilizar como base un servomotor para la dosificación de alimento granulado.
- Establecer que el prototipo funcione con una alimentación de 110VCA.
- Monitorear la cantidad existente de alimento y agua, con sensores ultrasónico y capacitivo respectivamente.
- Crear un HMI fácil de entender, para ingresar datos por el usuario.
- Reconocer la raza del perro mediante visión artificial, visualizar la porción y hora adecuada para su dosificación.
- Establecer una comunicación inalámbrica de tecnología GSM para el monitoreo remoto.

2.2 Consolidación general del prototipo

La figura 1-2, muestra la consolidación general del prototipo con los recursos que lo constituyen, describiendo un dosificador de alimentos granulados para mascotas programable y controlado local y remotamente.

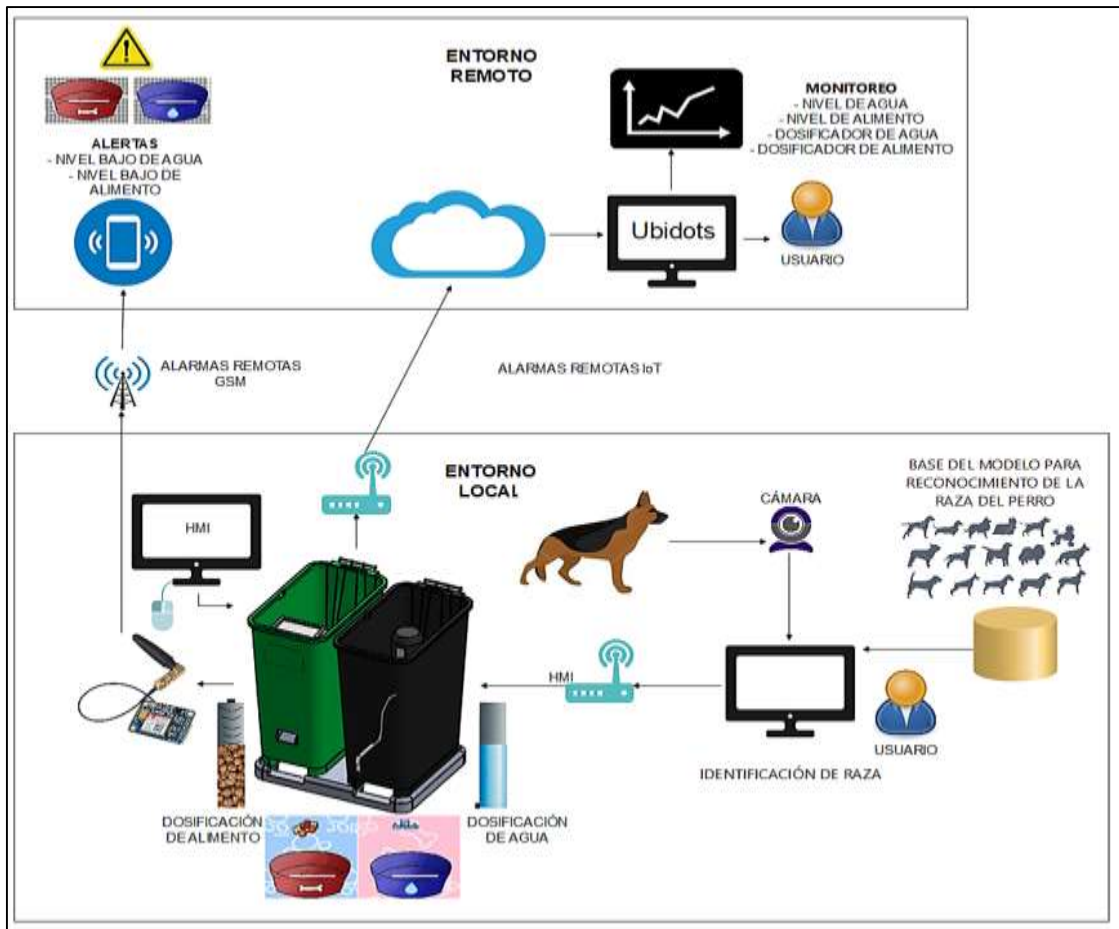


Figura 1-2: Consolidación general del prototipo

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Para explicar el funcionamiento general, se parte del uso del modelo de visión artificial para la adquisición de la imagen y continuar con el reconocimiento de la raza del perro. El modelo de visión fundamentado en su base de datos (fotos de variedad de razas de perro) evalúa la imagen adquirida y determina la raza del perro. El algoritmo de visión relaciona instrucciones para la transmisión inalámbrica de la información de cantidad de alimento y agua (base de datos en código) hacia el procesador ubicado en el dosificador, ver anexo A.

El procesador residente en el dosificador cumple con varias funciones específicas:

- Recibe señales eléctricas de dos sensores que permiten conocer el nivel de alimento y de agua en el dispensador.
- Alberga una interfaz gráfica HMI, la misma que permite la interacción del usuario con el prototipo consta de recursos gráficos que representan el ambiente real del proceso.

Permitiendo:

- Realizar por medio de botones que accionan directamente los actuadores de dosificación de alimento y agua.
- Determinar la cantidad de alimento y agua que se desea dosificar.
- Ingresar la dosificación para que se ejecute en horarios específicos (máximo 6)
- Visualizar los valores recibidos inalámbricamente de la etapa de reconocimiento de raza del perro, en la interfaz gráfica, los mismos que al ser sometidos a un tratamiento en la programación del procesador determinan el tiempo a dosificar tanto de alimento como de agua.

El prototipo permite el acceso remoto para poderlo monitorear a distancia y a su vez emite señales de alarma remotas.

El usuario puede ejecutar acciones de monitoreo a través de una plataforma IoT, para conocer el historial de funcionamiento de los actuadores y sensores. Recibe señales de alarma a su celular el momento en el que el dosificador a través de sus sensores detecta el nivel bajo de alimento o agua.

2.3 Arquitectura general del prototipo

Se definen para el prototipo dos entornos como partes fundamentales, denominados local y remoto los mismos que plantean el uso de *hardware* y *software* para ser ejecutados. La figura 2-2, representa el diagrama de bloques de la arquitectura general del prototipo.

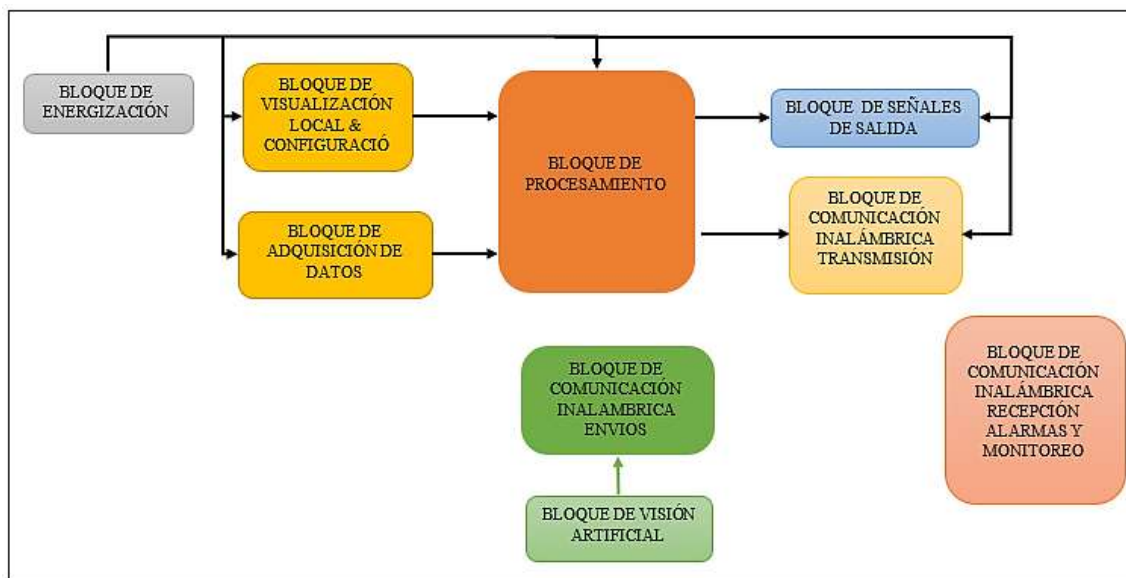


Gráfico 1-2: Diagrama de bloques de la arquitectura del prototipo

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.(UnitElectronics, 2021)

La arquitectura involucra bloques que relacionan la acción local y remota de los recursos del prototipo, a continuación, se detalla la función de cada uno de ellos:

- **Bloque de energización:** Hace referencia a la fuente de suministro de energía que requieren los elementos eléctricos y electrónicos que conforman el prototipo. Los dispositivos principales están alimentados desde la línea de suministro domiciliaria de 110VCA con sus propias fuentes, y estos a su vez proporcionan energía a otros elementos del prototipo.
- **Bloque de visión artificial:** Relaciona a la ejecución de un algoritmo de visión artificial para el reconocimiento de la raza de un perro, con la finalidad de determinar la cantidad de alimento y agua que requiere el mismo (En base a una base de datos cargada en el código anexo A). Se emplea como recurso hardware una cámara para la adquisición de la imagen del perro para su procesamiento.
- **Bloque de comunicación inalámbrica - envíos:** Es una comunicación unidireccional desde la etapa de reconocimiento de la raza del perro hacia el dosificador. La comunicación se realiza a través de una red local de interfaz WIFI. La información enviada es la cantidad de alimento y agua del perro detectado.
- **Bloque de visualización local & configuración:** Básicamente dispone de un monitor ubicado localmente para la visualización de la interfaz gráfica del prototipo, se puede considerar que es una salida de la etapa de procesamiento en la que se muestra la interfaz de la aplicación informática para el ingreso de información a través de un teclado o un mouse para su configuración y gestionar el uso del dosificador estableciendo parámetros como horarios y cantidades tanto de alimento como de agua en cada dosificación. Además, como una de las funcionalidades del prototipo es el reconocimiento de la raza de un perro, en esta etapa se puede visualizar localmente también la adquisición de información emitida de la etapa de reconocimiento basada en visión artificial.
- **Etapa de adquisición de datos:** Se considera como etapa de adquisición de información a aquella sección destinada a la toma de señales entregadas por los sensores, en este caso empleados para determinar el nivel de alimento y agua en el dispensador, señales que al ser ingresadas a la etapa de procesamiento gestionarán acciones de alerta en el caso de requerirlo. Además, en este punto cabe resaltar que esta etapa de adquisición está definida por un conjunto de instrucciones como parte de la programación de la aplicación informática.
- **Bloque de procesamiento:** Esta etapa centraliza la gestión del manejo del dispensador, pues es aquí donde estará residente la aplicación informática que mediante su codificación recepta la información generada desde la etapa de reconocimiento de la raza del perro y las señales adquiridas por los sensores, del análisis de éstas se gestiona señales de alarma locales y remotas; en esta etapa de procesamiento se gestionan señales de control para los actuadores del prototipo acorde a la configuración ingresada por el usuario a través de la interfaz gráfica

de la aplicación en la que se determinan horarios, cantidades de alimento y agua para dosificar. Además, en esta etapa se involucra las instrucciones programables para la emisión a la plataforma remota IoT para el monitoreo de las variables del prototipo.

- **Bloque de señales de salida:** Posterior al procesamiento de la información adquirida desde los sensores o de la interfaz gráfica se ejecutan sentencias de programación en la aplicación informática que representan la etapa de salida generando señales que interactúan directamente con los actuadores para su control, básicamente para la gestión del dispensado de alimento y agua. En esta etapa también se gestiona como salidas las señales de activación de la alarma remota fundamentada en la tecnología GSM para aviso de escases de alimento y/o agua.
- **Bloque de comunicación inalámbrica:** El prototipo posee una etapa de comunicación inalámbrica para la emisión de señales de alarma las mismas que son resultado del procesamiento de las señales de los sensores tanto para el nivel de alimento como de agua. Las alarmas se manejan empleando dos tipos de tecnologías, la primera por emisión de las señales de alarma a través de GSM, donde las alertas de nivel bajo de alimento y/o agua se emiten desde un *Shield* GSM como mensaje de texto y la segunda opción de alarma es la ejecutada a través de código desde la aplicación informática que emite un correo electrónico a una dirección predefinida.
- **Etapa de comunicación inalámbrica – recepción:** Este bloque se expone en la arquitectura del prototipo de manera aislada debido a que representa la recepción remota de las señales de monitoreo y alarmas, la exposición de la información es reflejada en cualquier dispositivo con acceso a internet en el caso del monitoreo en la plataforma IoT o en cualquier dispositivo celular al tratarse de alarmas GSM.

2.4 Hardware para la construcción del prototipo

Una vez establecidos los requerimientos para el desarrollo del prototipo y establecida la arquitectura que fundamenta su funcionamiento se procede con la determinación del *hardware* para conseguir el funcionamiento esperado.

2.4.1 Sensor ultrasónico HC-SR04

Los dispositivos *hardware* para la adquisición de información representan un enlace con el mundo real, traduciendo variables físicas a señales eléctricas que pueden ser interpretadas por el procesador. Se determinó como necesidad el conocer el estado del acopio de alimento, es decir, en este caso medir un nivel u existencia, se optó por el uso de un sensor ultrasónico dentro del prototipo.

Por su distancia de alcance, costo y consumo bajo, se dispuso el uso del sensor ultrasónico HC-SR04. En la figura 2-2, se puede distinguir la distribución de terminales del sensor, donde dos de ellos están asignados para su alimentación, VCC y GND, y los otros dos corresponden al *Trigger* que es aquel que recibe un pulso de habilitación de parte del microcontrolador y empieza a medir el sensor y el terminal *Echo* que representa la respuesta al microcontrolador representada por un pulso cuyo ancho es proporcional al tiempo que tarda el sonido en viajar del transductor al obstáculo y luego de vuelta al módulo (ABARCA JIMÉNEZ, 2014).

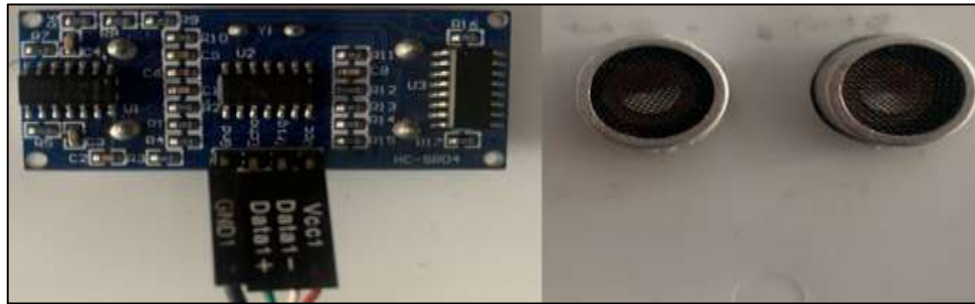


Figura 2-2: Sensor ultrasónico HC-SR04

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

La tabla 1-2, contiene información sobre las características técnicas principales del sensor ultrasónico HC-SR04.

Tabla 1-2: Características técnicas principales del sensor ultrasónico HC-SR04

| Características | Rango |
|--|--------------|
| Voltaje de operación | 5 Vcc |
| Rango máximo | 500 cm |
| Rango mínimo | 2 cm |
| Resolución | 0,3 cm |
| Ángulo Eficaz | <15 |
| Duración mínima del pulso de disparo (Nivel TTL) | 10µs |
| Duración del pulso de eco de salida (Nivel TTL) | 29000 max µs |
| Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra | 20 ms |
| Peso | 10 gr |

Fuente: (ABARCA JIMÉNEZ, 2014)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

2.4.2 Sensor de nivel conductivo

Para la detección del nivel bajo de agua en el acopio del prototipo se consideró un medidor de nivel conductivo consistente en dos electrodos que actúan como un switch que representa una señal digital de entrada al procesador y mantiene un estado de abierto al no tener contacto con el agua y el estado de cerrado en la existencia del líquido. La figura 3-2, describe la instalación del sensor.



Figura 3-2: Sensor de nivel conductivo

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

2.4.3 Cámara Philips SPZ2500

Como se mencionó una de las prestaciones del prototipo es la detección de la raza de un perro mediante la aplicación de un algoritmo de visión artificial, para lo cual como fuente de adquisición de imágenes se empleó una cámara Philips SPZ2500, la figura 4-2 en conjunto con la tabla 2-2, exponen las características físicas y técnicas del dispositivo.



Figura 4-2: Cámara Philips SPZ2500

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Tabla 2-2: Características técnicas principales de la cámara Philips SPZ2500

| Características | Rango |
|---------------------------------------|---|
| Resolución del sensor | VGA (640 x 480 píxeles) |
| Resolución de captura de vídeo (máx.) | 1,3 MP (<i>software</i> mejorado con Philips CamSuite instalado) |
| Resolución de las fotos (máx.) | 1,3 MP (<i>software</i> mejorado Philips CamSuite instalado) 5,0 MP (<i>software</i> mejorado con Philips CamSuite y Webcam Driver SPZ2000/SPZ2500 instalados) |
| Cuadros por segundo | 30 fps máx. en VGA |
| Ángulo de visión de la lente | 55 grados |
| Formato de vídeo | YUY2, RGB24 y I420 (con Webcam Driver SPZ2000/SPZ2500 instalado) |
| Sistema operativo Windows® | Windows® 7, compatible con Vista y XP |
| Longitud del cable USB | 1,5 m |
| Alimentación | Suministrada a través del cable USB; 5 V CC, 0,15 A |

Fuente: (THOMSOM REUTERS STREETEVNTS, 2011)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

2.4.4 Procesador Raspberry Pi 3

El *hardware* de procesamiento hace referencia al o los dispositivos encargados de adquirir la información del entorno físico a través de elementos transductores para procesarlos y analizarlos para gestionar señales de salida hacia etapas de control o monitoreo de variables del sistema.

Se planteó el uso del minicomputador Raspberry Pi3 como plataforma de soporte para el *software* de desarrollo, tanto de la interfaz gráfica para generar un sistema amigable con el usuario, para el desarrollo de un algoritmo de control que gestione las señales de ingreso y salida para obtener el funcionamiento esperado del dispensador, así como también para la ejecución del algoritmo de visión artificial para el reconocimiento de la raza de un perro. Además, la Raspberry al poseer puertos USB apertura la posibilidad de establecer comunicación serial con otros dispositivos externos. La figura 5-2, muestra el modelo de una Raspberry Pi3 y en la tabla 3-2, se adjunta sus características principales.

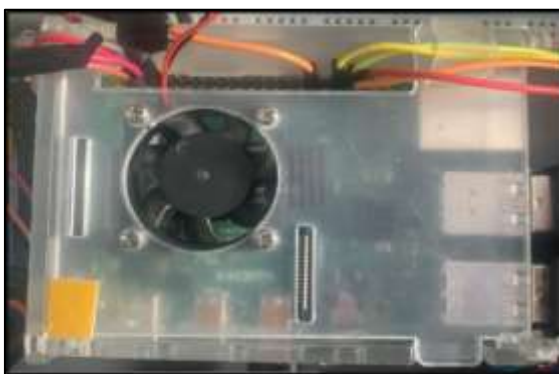


Figura 5-2: Procesador Raspberry Pi 3 B

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Tabla 3-2: Características técnicas principales de la Raspberry Pi 3 B

| Características | Rango |
|------------------------------|--------------------------------|
| Marca | Raspberry Pi |
| Serie | Raspberry Pi 3 Model B |
| Peso del producto | 45,4 g |
| Dimensiones del producto | 12,2 x 7,6 x 3,4 cm |
| Pilas | 3 9 V (Tipo de pila necesaria) |
| Tipo de procesador | Core 2 Quad |
| Velocidad del procesador | 1.20 GHz |
| Capacidad de la memoria RAM | 1 GB |
| Interfaz del disco duro | ATA-4 |
| Tipo de conectividad | WiFi |
| Tipo de conexión inalámbrica | 802.11bgn |
| Número de puertos USB 2.0 | 4 |
| Voltaje | 5 voltios DC |
| Sistema operativo | Linux |

Fuente: (RASPBerry PI, 2018)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

2.4.5 Tarjeta embebida Arduino Uno

Se consideró la plataforma embebida Arduino UNO como un dispositivo intermediario entre la Raspberry y la etapa de comunicación inalámbrica basada en GSM, es decir, el Arduino interpreta las señales de salida correspondientes a alertas emitidas desde el procesador para gestionar la habilitación de las alertas remotas GSM a través de una Shield. La figura 6-2, muestra la tarjeta Arduino UNO y en la tabla 4-2, se exponen sus características principales.



Figura 6-2: Arduino UNO

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Tabla 4-2: Características técnicas principales del Arduino UNO

| Características | Rango |
|------------------------------------|---|
| Microcontrolador | ATmega328 |
| Voltaje de operación | 5V |
| Voltaje de entrada min. y máx. | 7-12V |
| Pines digitales de entrada/salida: | 14 (6 proveen salida PWM) |
| Memoria <i>flash</i> | 32 Kb de los cuales 0,5 KB usados por el bootloader |
| Memoria SRAM | 2KB |
| Memoria EEPROM | 1KB |

Fuente: (ARDUINO, 2021)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

2.4.6 Servomotor HS755HB

Con proyección a realizar un accionamiento controlado para la dosificación del alimento por apertura cierre de una compuerta como se estableció en el capítulo uno, se optó por el uso de un servomotor que puede ser considerado como un motor especial por permitir controlar la posición de su eje en un momento dado. Está constituido por un motor de corriente continua común, a su eje se conecta una caja de engranajes similar a una transmisión con el fin de otorgar una ganancia del torque del motor y permitir conservar una posición fija cuando se requiera (GARCÍA, 2016).

En el servomotor viene establecido un rango de grados para su desplazamiento angular, el mismo que puede ser controlado en valores intermedios y enclavar el motor para mantener dicha posición. Poseen tres hilos o conductores de los cuales dos son destinados para la alimentación y uno para recepción de la señal de control, es imposible usar un servomotor sin un circuito

adicional de control genere una señal de control modulada. Para esto se utiliza modulación por ancho de pulsos, o denominado PWM (GARCÍA, 2016).

La figura 7-2, muestra el servomotor empleado el HITEC HS755HB y en la tabla 5-2 se expone sus características principales.

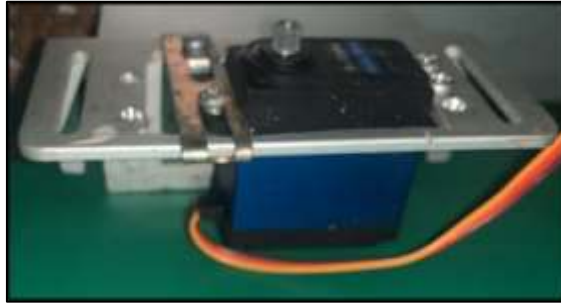


Figura 7-2: Servomotor HS755HB

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Tabla 5-2: Características técnicas principales del servomotor HS755HB

| Características | Rango |
|-----------------|----------------------------|
| Velocidad | 0,23 (sec/60o) |
| Torque | 6V, 13.2/183 (Kg-cm/Oz-in) |
| Dimensiones | 59 x 29 x 50 (mm) |
| Peso | 110 /3,88 (g/oz) |

Fuente: (SANDORBOTICS, 2019)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

2.4.7 Bomba de agua para bidones

Con el fin de obtener un prototipo autónomo y práctico se revisó en el mercado dispositivos capaces de permitir una dosificación de líquido precisa y controlada, se definió como una buena opción el uso de una bomba dispensadora de agua automática para bidones de mesa, pues que para su instalación simplemente se sujeta en la boca del bidón y para su uso posee un comando discreto que señala el presionar un pulsador para encender y empezar la dosificación y otro pulso para suspenderla. Además, está bomba posee una batería recargable con USB y con la carga completa dura hasta aproximadamente la dosificación de 80 litros. La figura 8-2, muestra la bomba automática para bidones empleada y en la tabla 6-2 se expone sus características principales (PPRAKAS, 2021).



Figura 8-2: Bomba de agua para bidones

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Tabla 6-2: Características técnicas principales de la bomba de agua para bidones

| Características | Rango |
|-----------------|----------------------------|
| Velocidad | 0,23 (sec/60o) |
| Torque | 6V; 13,2/183 (Kg-cm/Oz-in) |
| Dimensiones | 59 x 29 x 50 (mm) |
| Peso | 110 /3,88 (g/oz) |

Fuente: (SANDORBOTICS, 2019)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

2.4.8 Módulo relé de Arduino

Para proteger la tarjeta Raspberry, que gestiona las señales de control para los actuadores del prototipo, se opta por el uso de módulos de relé de un canal como interfaces de potencia para el control de las cargas y la emisión de señales hacia otro módulo. El canal del módulo de relé es controlado por una entrada TTL, la cual puede ser fácilmente controlada por un microcontrolador o Arduino (ELECTRÓNICA CARIBE, 2020). La figura 9-2, en conjunto con la tabla 7-2, muestran las características del módulo de relé de Arduino.



Figura 9-2: Módulo relé de Arduino

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Tabla 7-2: Características técnicas principales del módulo relé Arduino

| Características | Rango |
|----------------------|---|
| Número de canales | 1 canal independiente protegido con opto acoplador. |
| Voltaje de la bobina | 5 VCD |
| Tipo de activación | Mediante corriente: el circuito de control debe proveer una corriente de 15 a 20 Ma |
| Terminales | De conexión de tornillo (clemas) / De entrada, de señal lógica con headers macho. |

Fuente: (ELECTRÓNICA CARIBE, 2020)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

2.4.9 Modulo Shield GSM/GPRS SIM800L

Para cubrir con el requerimiento planteado para el prototipo, consistente en la emisión de alarmas sobre el estado de variables del dispensador empleando tecnología GSM, se partió del estudio de los módulos disponibles en el mercado en la gama de Arduino, encontrando como posibilidades de uso la Shield SIM900, SIM 808 y la SIM800L de las cuales se analizó sus características para su selección.

Para conseguir la funcionalidad de la Shield seleccionada se requiere de un Arduino o cualquier microcontrolador que cuente con interfaz de comunicación UART para configurarla, ya que por los puertos de TX y RX puede enviar o recibir comandos AT. Además, requiere de una antena externa y la colocación de una tarjeta SIM. La figura 10-2, en conjunto con la tabla 8-2 muestran las características del Shield SIM800L.

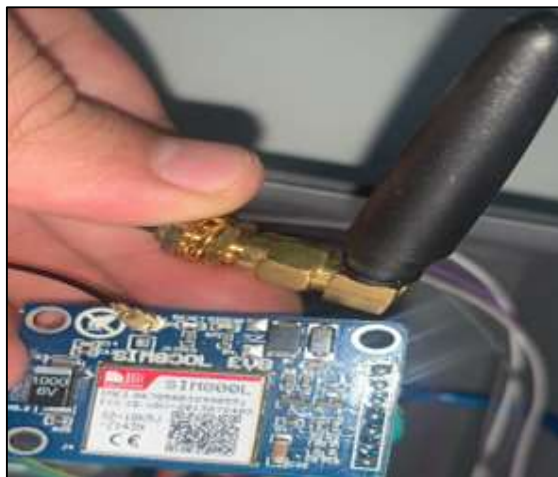


Figura 10-2: Modulo Shield GSM/GPRS SIM800L

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Tabla 8-2: Características técnicas principales del Shield GSM/GPRS SIM800L

| Características | Rango |
|--------------------------------|-----------------------|
| Banda de operación | 850/900/1800/1900 MHz |
| Dimensiones | 2,5x2,5x0,5cm |
| Voltaje de entrada min. y máx. | 3,4 – 4,4V DC |
| Comunicación | Serial UART |
| Red | GSM/GPRS |

Fuente: (HERNÁNDEZ BOADA, y otros, 2019)

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Una vez que se ha descrito todo el *hardware* a emplearse de acuerdo con los requerimientos planteados, se procede a su configuración y conexión.

2.5 Conexiones del *hardware*

Se realizó como parte del diseño el diagrama de conexiones de los dispositivos *hardware* y para una mejor apreciación pegada a la realidad se empleó Fritzing.

La figura 11-2, muestra una primera sección (A) del diagrama de conexiones del circuito electrónico del prototipo. En la que se incluyen:

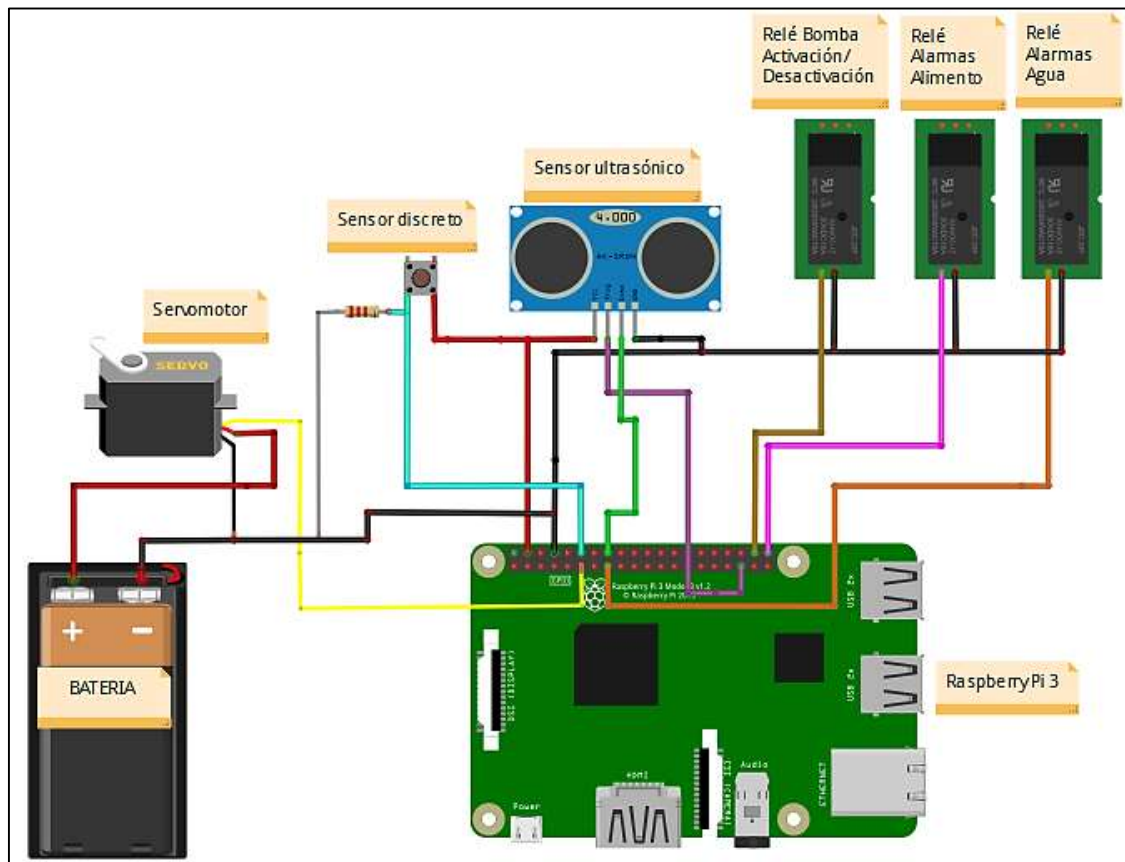


Figura 11-2: Diagrama de conexiones de elementos del prototipo – Sección A

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

La tabla 9-2 representan la descripción de los terminales conectados en los diagramas electrónicos (Sección A).

Tabla 9-2: Terminales de conexión de la Raspberry con sensores y actuadores

| Raspberry | Servo | Sensor discreto | Sensor ultrasónico | Relé Bomba (Activación/Desactivación): | Relé alarmas (Alimento) | Relé alarmas (Agua) |
|-----------|-------|-----------------|--------------------|--|-------------------------|---------------------|
| GPIO 17 | PWM | | | | | |
| GPIO 18 | | IN | | | | |
| GPIO 19 | | | TRIGGER | | | |
| GPIO 20 | | | | IN | | |
| GPIO 21 | | | | | IN | |
| GPIO 22 | | | | | | IN |
| GPIO 23 | | | ECHO | | | |
| GPIO 24 | | | | | | |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

- **Raspberry pi 3:** Contiene la aplicación informática para el manejo de recursos del prototipo dosificador, desde esta tarjeta se gestionan señales a través de las denominadas GPIO (General Purpose Input Output) un sistema de entrada y salida de propósito general.
- **Sensor discreto:** sirve para identificar un nivel bajo de agua, se emplean para su implementación los conceptos de continuidad al considerar al agua un conductor.
- **Sensor ultrasónico:** empleado para medir el nivel de alimento considerando la medida de distancia.
- **Servomotor:** Actuador eléctrico para el control de activación – desactivación del sistema de dosificación.
- **Relé Bomba (Activación/Desactivación):** empleado para generar el pulso para activación y desactivación de la bomba para dosificación de agua.
- **Relé alarmas (Alimento):** se utiliza para emitir una señal discreta hacia el Arduino de la sección dos del diagrama de conexiones para activar la alarma GSM de aviso de acopio de alimento vacío.
- **Relé alarmas (Agua):** sirve para emitir una señal discreta hacia el Arduino de la sección dos del diagrama de conexiones para activar la alarma GSM de aviso de acopio de agua vacío.

La figura 12-2, muestra una segunda sección (B) del diagrama de conexiones del circuito electrónico del prototipo, en la que se incluyen:

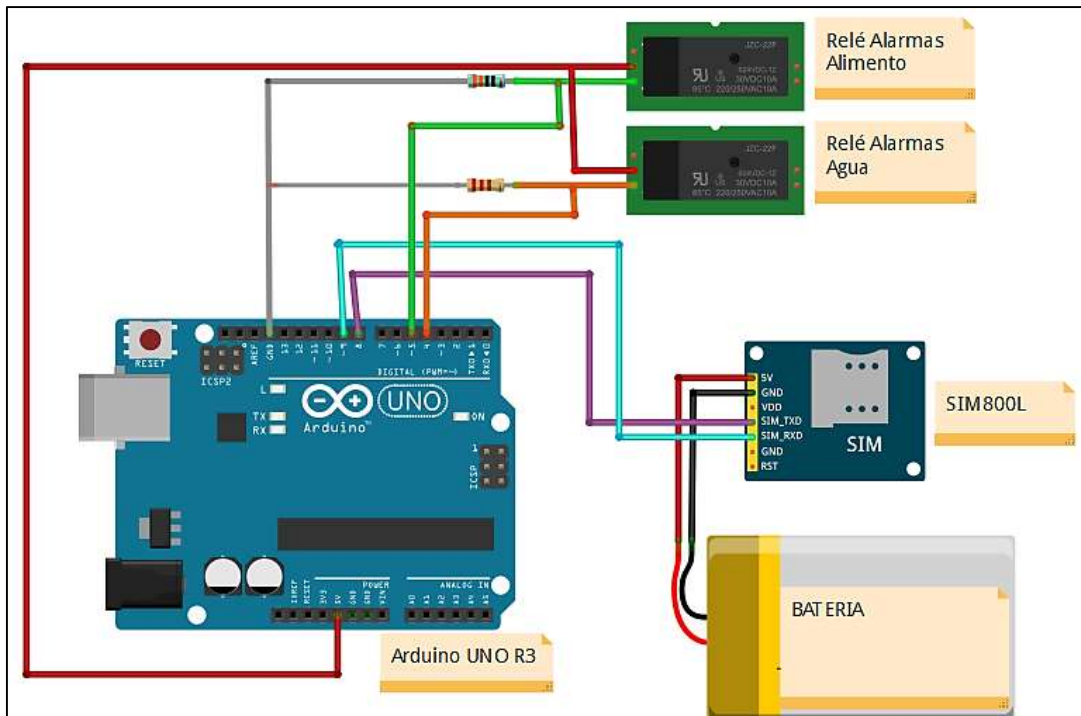


Figura 12-2: Diagrama de conexiones de elementos del prototipo – Sección B

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

- **Arduino UNO R3:** Esta plataforma consta del microcontrolador que sirve netamente para la gestión de comandos AT hacia el módulo GSM / GPRS según la incidencia de las entradas digitales provenientes de los módulos de relé K2 y K3.
- **SIM800L:** Este Shield complementado con una antena y un chip SIM permite la emisión de señales de alerta mediante mensajes de texto enviados a un dispositivo móvil preestablecido en la programación.

La tabla 10-2 representan la descripción de los terminales conectados en los diagramas electrónicos (Sección B).

Tabla 10-2: Terminales de conexión del Arduino con señales de ingreso y la SIM800L

| Arduino | SIM800L | Relé Bomba | Relé alarmas (Alimento) |
|------------|---------|--------------------------|--------------------------|
| Terminal 4 | | NO (Normalmente abierto) | |
| Terminal 5 | | | NO (Normalmente abierto) |
| Terminal 8 | TX | | |
| Terminal 9 | RX | | |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Adicional a lo descrito en las tablas anteriores, se debe mencionar que para la alimentación del Arduino se consideró conectarlo a uno de los puertos USB de la Raspberry, con la aclaratoria, que no existe ningún tipo de comunicación serial entre estos elementos.

2.6 Modelado estructural del prototipo

En este ítem se detallan los criterios tomados en cuenta para el diseño del dispensador. Para la creación del modelo se empleó el *software* SolidWorks 2020, por sus prestaciones y recursos al momento de la generación de planimetrías, acotaciones, proyecciones en tres dimensiones y la posibilidad de realizar la validación de los diseños en base al análisis de esfuerzos.

Se trabajó el diseño generando planos con acotaciones de cada pieza que conformaría el dispensador, con el fin de disponer más información al momento de la implementación. El anexo B, contiene los planos con las medidas resultantes de todos los elementos modelados. La figura 13-2, representa el un compendio de algunas de las piezas que conforman el dispensador y la manera de presentación en los planos.

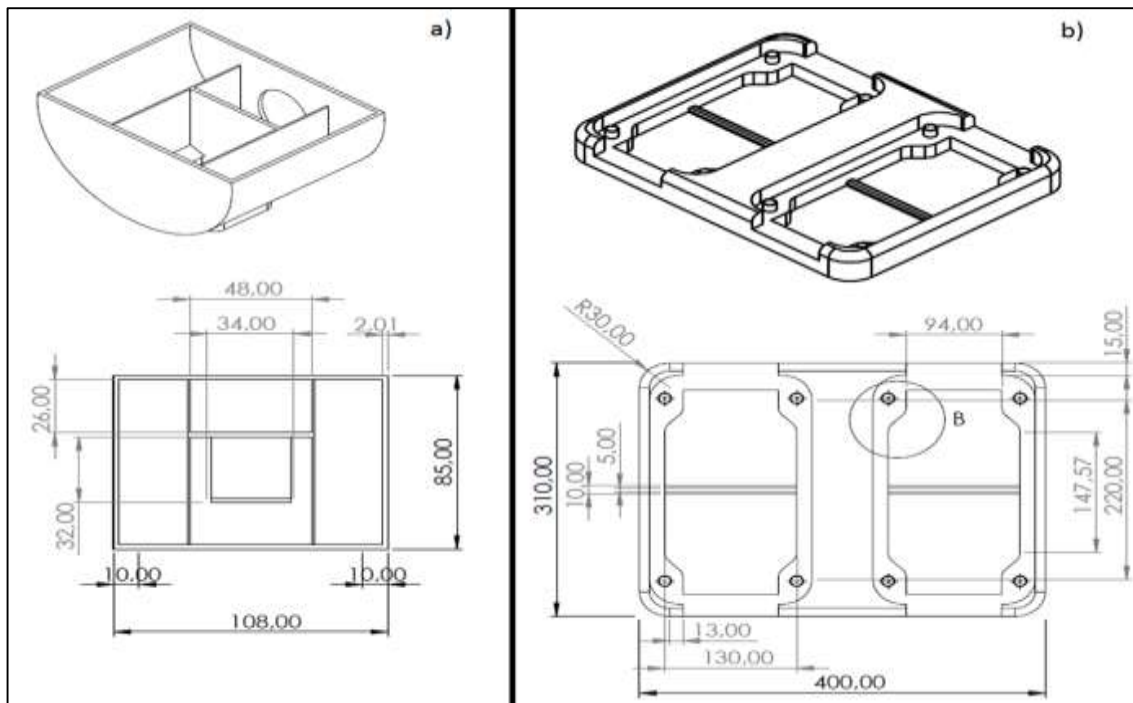


Figura 13-2: Dispensador a) Base del acopio de alimento b) Base general

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

La figura 13-2 (a), representa la base del acopio de alimento en la que se localiza el sistema mecánico para activación/desactivación del dosificado con sus respectivas medidas. La figura 13-2 (b), representa la planimetría de la base del dosificador.

La figura 14-2 muestra las vistas en dos dimensiones del dispensador con sus respectivas medidas, cabe señalar que los recipientes contenedores del acopio de alimento y agua y de todos los actuadores del prototipo, no se los planificó construir, se tomó como punto de partida un conjunto reciclador de desperdicios doble, lógicamente adecuado a la necesidad para la implementación planteada.

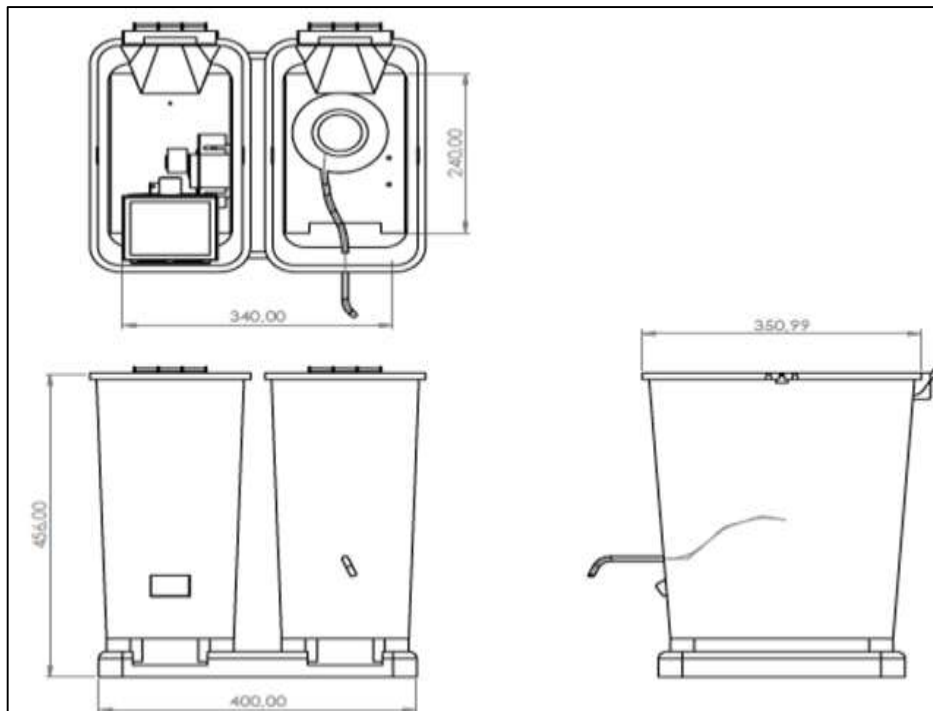


Figura 14-2: Vistas en dos dimensiones del dispensador para mascotas

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Gracias a las bondades de SolidWorks 2020 se generó también una simulación del trabajo final ensamblado en tres dimensiones, permitiendo obtener una mejor proyección del producto esperado. La figura 16-2 muestra el modelo en tres dimensiones del dispensador de alimento y agua para mascotas propuesto.

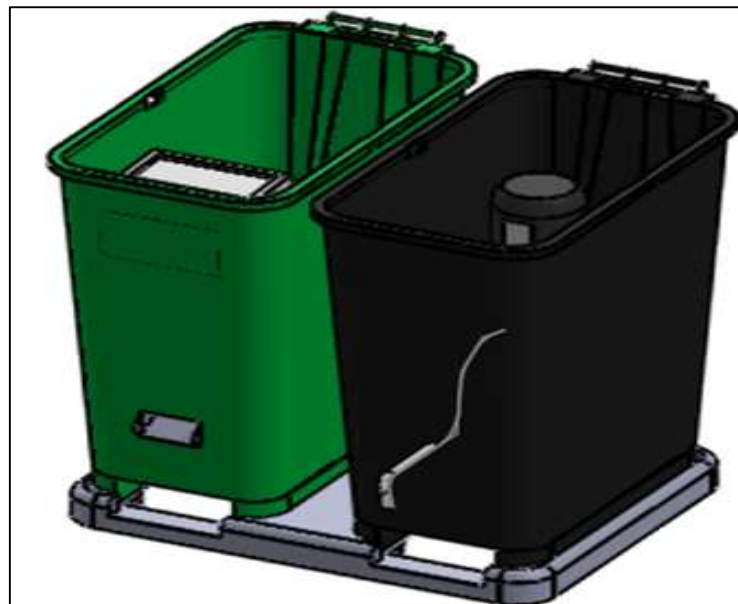


Figura 15-2: Modelado en tres dimensiones del prototipo

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

En el anexo B, se presenta las láminas condensadas con la nominación de cada una de las piezas desarrolladas para la elaboración del diseño resultante del prototipo.

2.6.1 Validación del diseño

Se realizó un análisis estático de las partes del dispensador identificadas como vulnerables a una ruptura por mayor esfuerzo, a continuación, se detalla :

2.6.1.1 Soporte de almacenamiento

La tabla 11-2, muestra el dibujo elaborado en SolidWorks 2018 de la pieza denominada soporte del acopio de alimento y se muestran las propiedades de la pieza, así como también los datos del material que lo constituye.

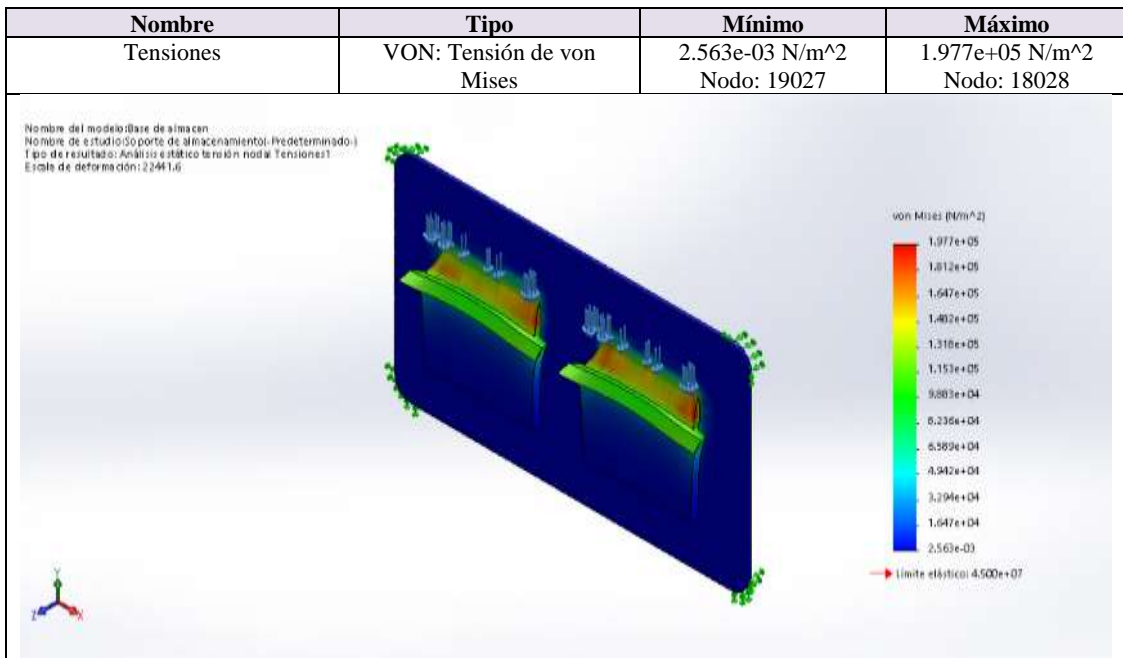
Tabla 11-2: Propiedades de la pieza y material de construcción – soporte del acopio

| Referencia de modelo | Tratado como | Propiedades volumétricas | |
|--|------------------------------------|---|--------------------|
|  | Sólido | Masa:0.0150078 kg Volumen:1.25065e-05 m ³ Densidad:1200 kg/m ³ Peso:0,147077 N | |
| | Propiedades | | Componentes |
| | Nombre | Acrílico (Impacto medio-alto) | |
| | Tipo de modelo | Isotrópico elástico lineal | |
| | Criterio de error predeterminado | Desconocido | |
| | Límite elástico | 4.5e+07 N/m ² | |
| | Límite de tracción | 7.3e+07 N/m ² | |
| | Módulo elástico | 3e+09 N/m ² | |
| | Coefficiente de Poisson | 0.35 | |
| | Densidad | 1200 kg/m ³ | |
| | Módulo cortante | 8.9e+08 N/m ² | |
| | Coefficiente de dilatación térmica | 5.2e-05 /Kelvin | |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 11-2 del diseño de la pieza se obtiene que está constituido de material de acrílico de impacto medio-alto con un peso de 0,147077 N, datos que fundamentan el punto de partida para el análisis estático determinando los elementos de apoyo o sujeciones y las cargas que va a soportar la pieza.

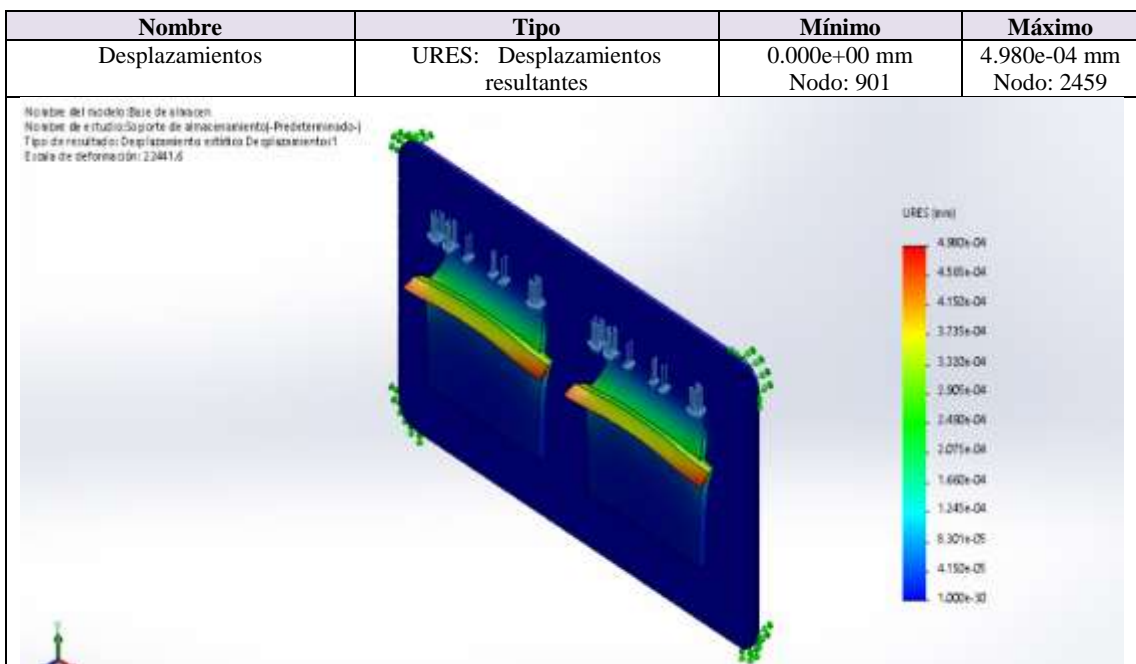
Tabla 12-2: Resultado del estudio de tensiones – soporte del acopio de alimento



Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

En base a lo obtenido en la tabla 12-2, la base encargada del soporte del acopio de alimento al ser sometida a una carga máxima de 7 N muestra que tendrá un límite elástico de $4,5 * 10^7$ Pa. Así mismo, gracias al análisis de tensiones se puede apreciar que la tensión máxima que experimentará la base será de $1,997 * 10^5$ Pa estando por debajo del límite elástico se puede concluir que el material no sería afectado por la tensión.

Tabla 13-2: Resultado del estudio de desplazamientos – Soporte del acopio de alimento



Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Fundamentado en lo obtenido en la tabla 13-2 se menciona que, para la fuerza máxima aplicada en el soporte de 7 N, el desplazamiento mínimo registrado en la zona de contacto es de 0 mm y su desplazamiento máximo de $4,98 * 10^{-4}$ mm, con ello se puede concluir que el elemento tiene un desplazamiento despreciable y el material seleccionado no se verá afectado por la fuerza máxima a soportar.

Tabla 14-2: Resultado del estudio de deformaciones unitarias – soporte del acopio de alimento

| Nombre | Tipo | Mínimo | Máximo |
|--------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|
| Deformaciones unitarias1 | ESTRN: Deformación unitaria equivalente | 3.928e-13 Elemento: 6541 | 5.857e-05 Elemento: 7928 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 14-2 se observa que el alargamiento que puede presentar el elemento se encuentra en los apoyos para el recipiente, sin embargo, los límites de alargamiento al ser cantidades muy pequeñas ($3,928 * 10^{-13}$ mm y $5,857 * 10^{-5}$ mm) se puede asegurar que el elemento no será deformado aumentando su longitud.

2.6.2 Palanca del servomotor

La tabla 15-2, muestra el dibujo elaborado en SolidWorks de la pieza denominada palanca del servomotor, es la pieza que por acción del motor activará el mecanismo para la dosificación del alimento, se muestran las propiedades y material de construcción de la pieza.

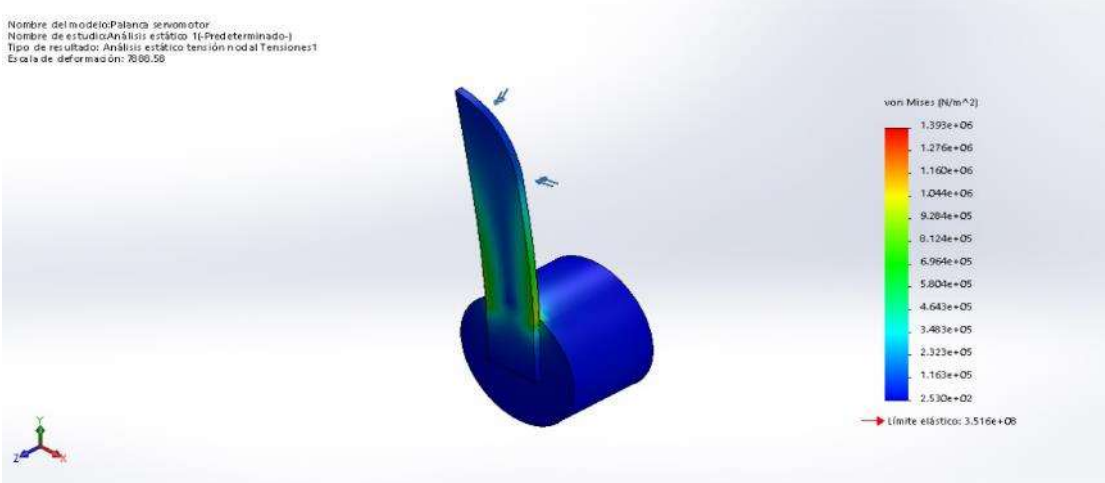
Tabla 15-2: Propiedades de la pieza – palanca servomotor

| Referencia de modelo | Tratado como | Propiedades volumétricas |
|---|------------------------------------|---|
|  | Sólido | Masa: 0,217922 kg Volumen :2,75851e-05 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:2,13564 N |
| | Propiedades | Componentes |
| | Nombre | AISI 1020 |
| | Tipo de modelo | Isotrópico elástico lineal |
| | Criterio de error predeterminado | Desconocido |
| | Límite elástico | 3,51571e+08 N/m ² |
| | Límite de tracción | 4,20507e+08 N/m ² |
| | Módulo elástico | 2e+11 N/m ² |
| | Coefficiente de Poisson | 0.29 |
| | Densidad | 7900 kg/m ³ |
| | Módulo cortante | 7,7e+10 N/m ² |
| | Coefficiente de dilatación térmica | 1.,e-05 /Kelvin |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 15-2, del diseño de la pieza se obtiene que está constituido de material de acero AISI 1020 con un peso de 2,13564 N, datos que fundamentan el punto de partida para el análisis estático determinando los elementos de apoyo o sujeciones y las cargas que va a soportar la pieza.

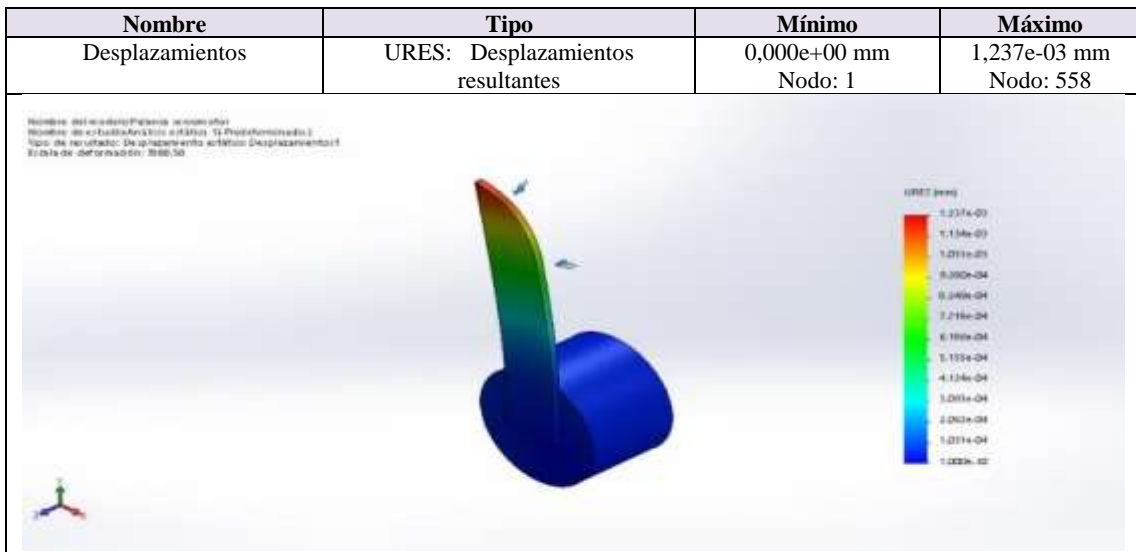
Tabla 16-2: Resultado del estudio de tensiones – palanca servomotor

| Nombre | Tipo | Mínimo | Máximo |
|--|---------------------------|---|---|
| Tensiones I | VON: Tensión de von Mises | 2.530e+02 N/m ² Nodo: 10447 | 1.393e+06 N/m ² Nodo: 11047 |
|  | | | |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

En base a lo obtenido en la tabla 16-2, para analizar la tensión experimentada por la palanca al entrar en contacto con el botón del dispensador de comida, se contempló una fuerza de 2 N, dando, así como resultado que el límite elástico del material es de $3,516 \cdot 10^{18}$ Pa. Mientras que las tensiones a las que estará sometida será una mínima de $2,53 \cdot 10^2$ Pa y una máxima de $1,393 \cdot 10^6$ Pa, observando así que el material seleccionado para este elemento no presentará complicaciones soportando la presión a la que estará sometida.

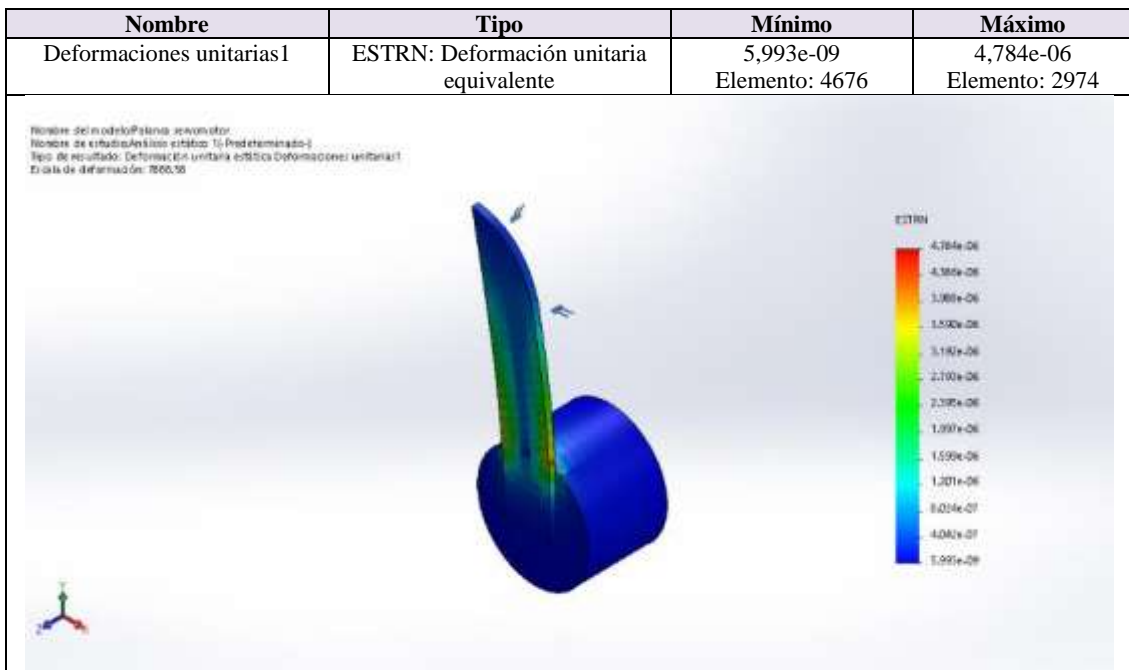
Tabla 17-2: Resultado del estudio de desplazamientos – palanca servomotor



Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Fundamentado en lo obtenido en la tabla 17-2 se menciona que el desplazamiento que se podría generar en el elemento se encuentra en el punto superior de la palanca, marcada de color rojo en la figura. Pudiendo llegar a desplazarse hasta $1,237 * 10^{-3}$ mm. Considerándose un desplazamiento despreciable y llegando a la conclusión que el material no se desplazará cuando se encuentre en contacto con el botón.

Tabla 18-2: Resultado del estudio de deformaciones – palanca servomotor



Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 18-2, se observa que el alargamiento que puede tener la palanca se puede observar en la figura que se van a dar en los laterales de la palanca, registrando un escaso rojo intenso.

Teniendo como resultado que el alargamiento máximo que se podrá generar es de $4,784 * 10^{-6}$ mm, considerándose este un resultado favorable para que el elemento hecho de un material AISI 1020 no presente alargamiento en el transcurso de su labor.

2.7 Implementación del prototipo

Con la referencia del diseño plasmado en planos se empezó la construcción y ensamble del prototipo. Como se planteó inicialmente en el proyecto se propuso hacer uso de un dispensador existente, pero con la finalidad de generar un modelo económico con cualidades de durabilidad se tomó como punto de partida dos envases empleados para recolectores de basura y se trabajó en ellos las adecuaciones planteadas en el diseño.

La figura 16-2, muestra los contenedores para los acopios de alimento y agua, en los que se puede observar externamente las adecuaciones realizadas.



Figura 16-2: Contenedores para los acopios de alimento y agua

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Para la dosificación del alimento figura 17-2 (b), se incorporó una rampa posicionada bajo el acopio, ubicada precisamente bajo la compuerta de despacho del acopio para facilitar el desplazamiento del alimento hacia el plato de la mascota.

Para la dosificación del agua figura 17-2 (a) se adaptó una cañería que va desde el acopio hacia la parte exterior de los contenedores para direccionar al agua al plato de la mascota.



Figura 17-2: Adecuaciones a) Acopio agua b) Acopio alimento

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

Como acopio y base para la dosificación del alimento se tomó un dosificador mecánico de cereales de 1kg de capacidad figura 18-2 (a), su principio de funcionamiento se basa en la apertura de una compuerta por medio de un botón mecánico de simple efecto, es decir requiere una fuerza mecánica para ser presionado y regresa por acción de un muelle. Para dotarle de independencia al dispensador y promover a que sea un proceso autónomo se adaptó un sistema electromecánico a la activación del botón de la compuerta del acopio basado en un servomotor al que en su eje se conectó una palanca para ejercer presión sobre el accionamiento de la compuerta e iniciar la dosificación figura 18-2 (b).

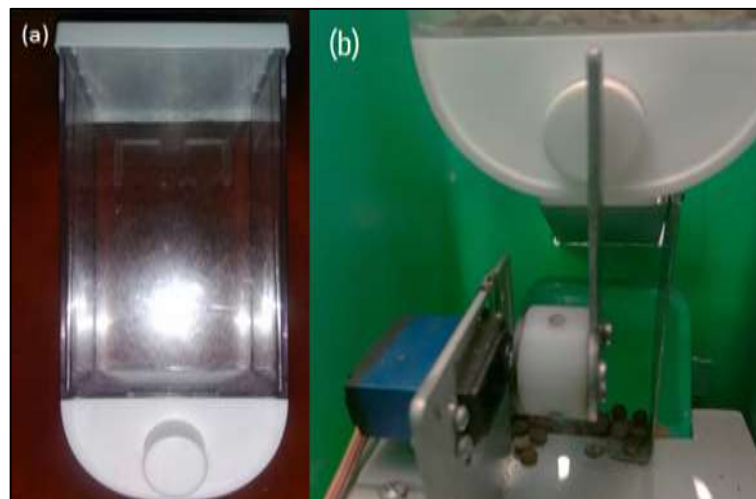


Figura 18-2: Sistema a) Acopio b) Electromecánico de dosificación

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

Para el almacenamiento del agua se incorporó un recipiente tipo botella con capacidad de 2 litros, a su boca o corona se le ubicó una bomba empleada para bidones de mesa, la misma que describe

una funcionalidad sencilla, consta de un pulsador que al ser conmutado por un pulso activa la bomba para la extracción y transporte del líquido.

En la figura 19-2, se puede observar la instalación del acopio de agua con la bomba y la adaptación de la cañería para la salida del líquido hacia el recipiente de la mascota.



Figura 19-2: Acopio con la bomba de agua

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

La figura 20-2, representa toda la adecuación estructural resultante realizada para el dispensador de alimento y agua para mascotas.

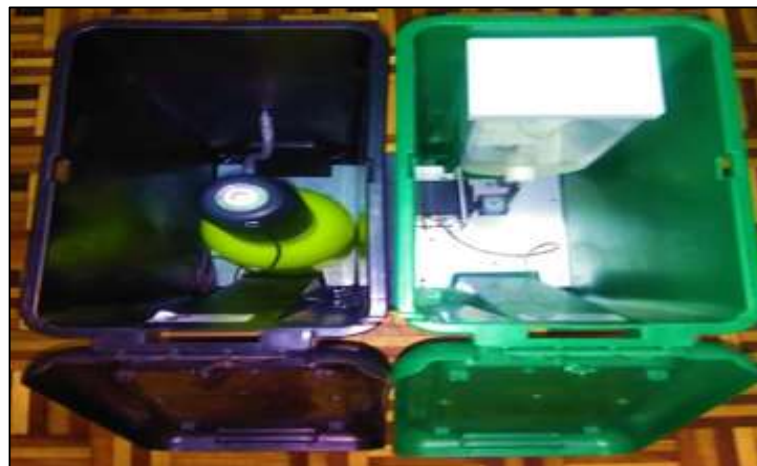


Figura 20-2: Ensamble estructural y elementos del dispensador

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

Una vez ensamblada la estructura e insertados los elementos para alcanzar la finalidad del proceso, se procedió a la implementación del circuito electrónico integrando sensores, actuadores y dispositivos de enlace a la Raspberry Pi3 empleada como procesador.

Para la instalación de los elementos electrónicos se empleó un tablero eléctrico de plástico, la figura 21-2, representa el case con los elementos electrónicos empleados para el control del dispensador.

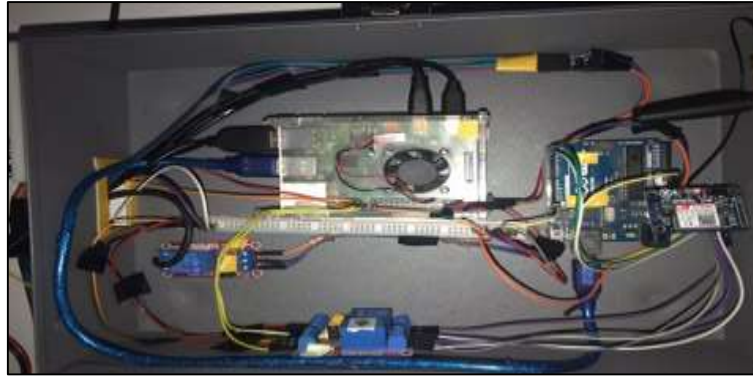


Figura 21-2: Circuito electrónico en el interior del case

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

La figura 22-2 muestra la integración de la parte estructural y electrónica del prototipo.

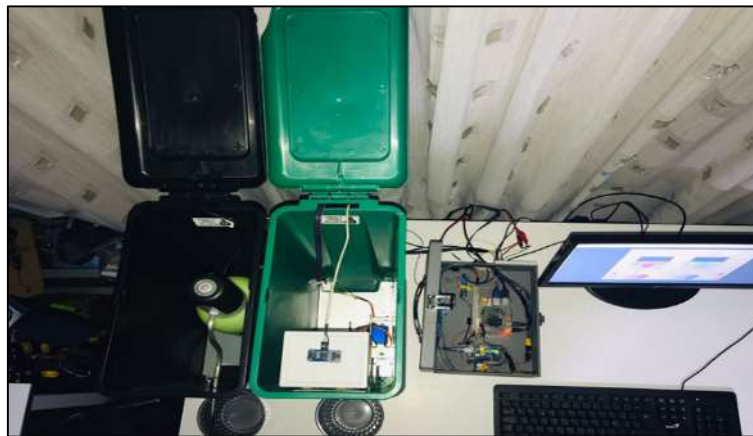


Figura 22-2: Integración parte estructural y electrónica

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

2.8 Software

En este apartado se consideran tres instancias de aplicación de *software*, codificación del algoritmo de visión reconocimiento de la raza del perro, desarrollo de la interfaz gráfica para el control del dosificador, emisión de alarmas y monitoreo de variables locales del prototipo.

2.8.1 Reconocimiento de la raza del perro

Se determinó la adecuación de un modelo, el procesamiento de las imágenes y la presentación de resultados. Se describe a continuación las etapas para el reconocimiento de la raza del perro:

2.8.1.1 Adecuación del modelo

Para el desarrollo del modelo se empleó Tensorflow, plataforma Open Source para computación numérica, que fundamenta su función con gráficos de flujo de datos. Las operaciones matemáticas son representadas como nodos en las gráficas mientras que los bordes de las gráficas representan

las matrices de datos multidimensionales (tensores) comunicadas entre ellos, esta plataforma para construir y entrenar redes neuronales, con la finalidad de generar un recurso para la detección y descifrado patrones y correlaciones, análogos al aprendizaje y razonamiento usados por los humanos (BUHIGAS, 2018).

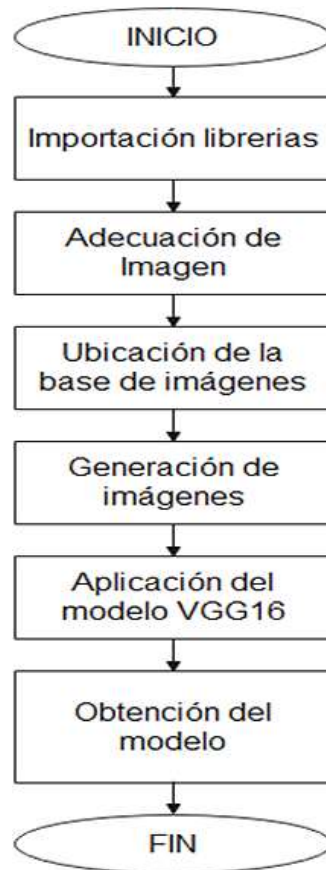


Gráfico 2-2: Diagrama de flujo para el entrenamiento del modelo

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.(UnitElectronics, 2021)

El gráfico 2-2, representa el diagrama de flujo que describe los pasos a ejecutarse en *Tensorflow* para el entrenamiento del modelo, a continuación se detallan (PROGRAMADOR CLIC, 2021):

- El algoritmo para el entrenamiento parte de la importación de librerías que otorguen los recursos necesarios para la obtención del modelo.
- La imagen de entrada es procesada por el algoritmo y adecuada en el formato que trabaja el modelo definiendo el ancho (*width_shape= 224*), la altura (*height_shape=224*), el número de elementos a ser detectados, en este caso el número de razas (*num_classes=133*), el número de etapas de procesamiento, en cada etapa se extraen los rasgos específicos de imagen (*epochs=200*) y las secciones de la matriz en la que se transforma la imagen (*batch_size=32*).
- Se establece la dirección de la base datos que contiene en este caso una base de más de seis mil imágenes tomadas del sitio web www.kaggle.com.

- Como parte del entrenamiento a todas las imágenes de la base se les da un tratamiento aplicando acciones de rotación (*rotation_range*), zoom (*zoom_range*), desplazamiento de ancho (*width_shift_range*), desplazamiento de altura (*height_shift_range*), volteo horizontal (*horizontal_flip*), volteo vertical (*vertical_flip*). Las acciones descritas anteriormente se realizan debido a que el perro al acercarse al dispositivo de adquisición de imágenes no siempre va a mantener una posición estándar y se debe considerar analizarlo desde diferentes perspectivas.
- Al final se aplica para el entrenamiento el modelo VGG16 que consiste en una red neuronal pre-entrenada para tarea general de reconocimiento. La figura 23-2 representa la arquitectura del modelo pre-entrenado para tarea general de reconocimiento, es sencillo y dispone de relativamente pocas capas: 13 capas convolucionales y 3 densas, de ahí que en su nombre incluya el 16 (PROGRAMADOR CLIC, 2021).

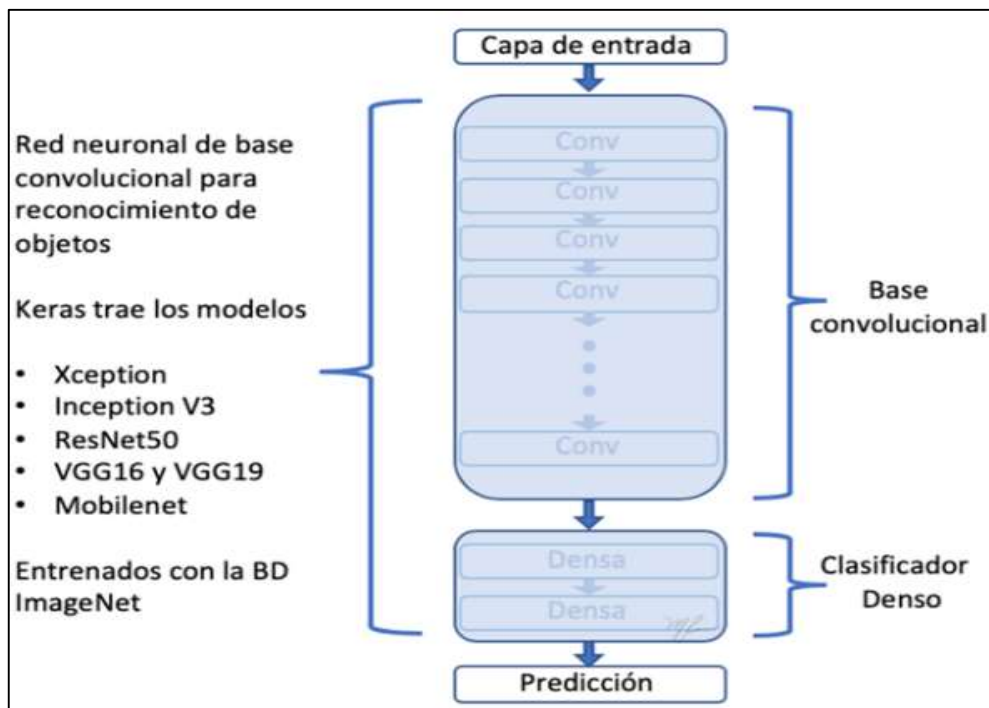


Figura 23-2: Arquitectura del pre-entrenado para tarea general del reconocimiento

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

2.8.1.2 Procesamiento de imágenes

Para la detección de la raza de un perro se codificó un algoritmo de visión artificial y se ubicó al dispositivo de adquisición de imágenes de manera fija con la finalidad de proporcionar una imagen con el fondo similar en todos los casos debido a que existe variación en las tonalidades con respecto a la hora del día, para la instalación de la cámara se debe procurar tener un ambiente controlado constante, con la finalidad de evaluar de mejor manera el algoritmo para el prototipo,

se empleó el video del programa argentino Perro del Millón, transmitido por eltrece tv.com en el que se exponen varios perros de diversas razas.

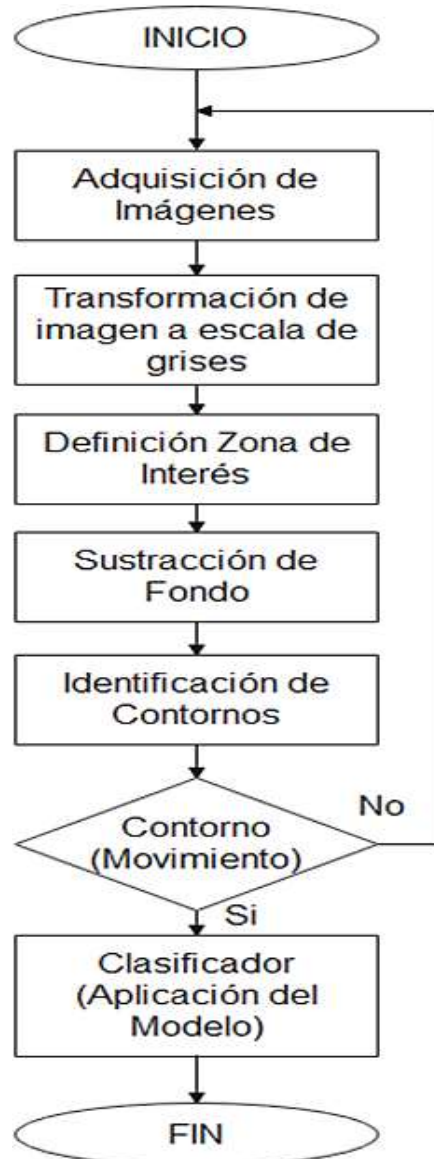


Gráfico 3-2: Diagrama de flujo para la detección de la raza de un perro

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.(UnitElectronics, 2021)

El gráfico 3-2, representa el diagrama de flujo del algoritmo de visión artificial para la detección de la raza de un perro, a continuación se muestra los pasos:

- El algoritmo parte de la lectura de la imagen, siendo que la librería Open CV permite trabajar con videos almacenados o capturados en tiempo real directamente desde el dispositivo de adquisición.
- Se extrae las dimensiones del video entrante, el video empleado para la evaluación del algoritmo arroja como resultado (486, 864, 3).

- Para trabajar de una manera más fluida con menor número de distractores se transforma las imágenes a escala de grises.
- Se establece la zona de interés basado en el concepto de adquisición de imágenes de la cámara que lo realiza en dos dimensiones y es la perspectiva que determina la distancia de profundidad del sujeto al objeto a ser analizado. La zona de interés, se la referencia como un rectángulo, estableciendo cuatro vértices. Se genera una máscara con las propiedades del video entrante consistente en una matriz de ceros (Imagen en negro), y referenciado en los vértices detectados anteriormente se crea una zona blanca con una matriz de unos que al montarla sobre el video entrante se torna transparente, quedando establecida la zona de interés.
- Se procede a la sustracción del fondo, pero la imagen resultante tiene una gran cantidad de ruido representando como pequeñas partículas que mediante una transformación morfológica se los logra eliminar. Al retirar el fondo si la imagen se mantiene en forma total como una matriz de ceros (imagen negra) se interpreta como la ausencia de un perro pero al dar un resultado diferente de la matriz de ceros significa que hay un perro, catalogando al algoritmo hasta este punto como un detector de movimiento.
- De la imagen obtenida de la transformación morfológica que consiste en unir los puntos en un solo conjunto se procede a obtener los bordes y se encapsula dicho resultado en una mascarará en el video de entrada.
- Una vez adquirida la imagen, identificada y extraída la zona de interés se la convierte en una matriz y se la prepara para el procesamiento y se aplica la predicción del modelo que identifica la raza del perro.

2.8.1.3 Interfaz de visualización de la identificación de la raza del perro

Al aplicar el modelo para la identificación de la raza del perro, es importante que dichos resultados sean expuestos al usuario por medio de una interfaz de alto nivel, es decir, de manera comprensible, funcional y estéticamente aceptable.

Empleando funciones de dibujo como se denominan en OpenCV y la conmutación de imágenes se diseña la interfaz gráfica que acompaña al modelo de predicción para la identificación de la raza del perro. La figura 24-2, presenta los recursos incluidos en la interfaz del identificador de razas de perros.

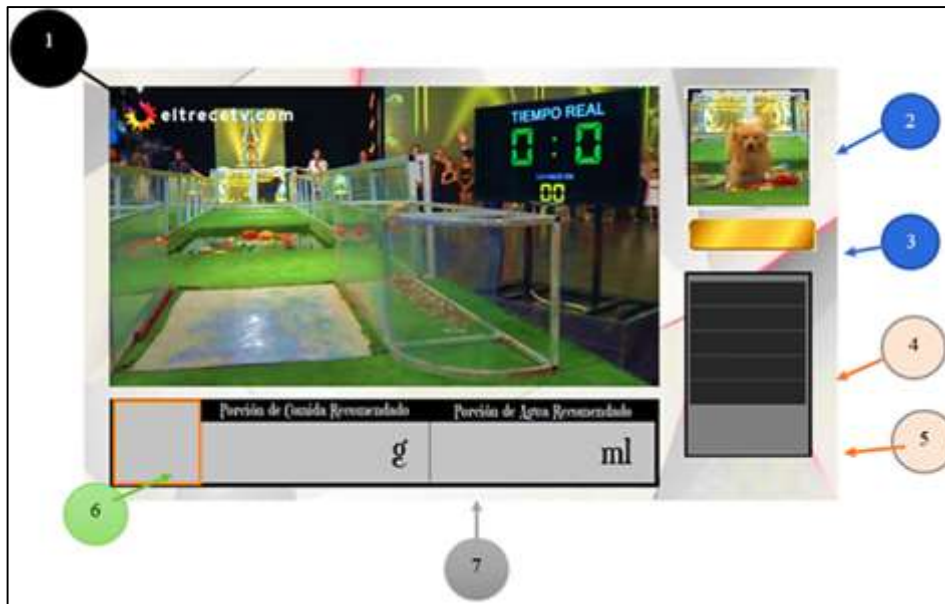


Figura 24-2: Interfaz de visualización del identificador de razas de perros

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

1. **Imagen principal:** Esta representa la zona de interés en la que se visualiza el video de entrada.
2. **Foto adquirida del perro:** Representa la fuente de información, se visualiza la fotografía del perro a evaluarse capturada por el programa.
3. **Etiqueta raza identificada:** Se expone el nombre de la raza de perro identificada por el modelo.
4. **Gráfica del top cinco de resultados:** Se fundamenta en un diagrama de barras que expone las 5 razas consideradas por el modelo como respuesta al reconocimiento por visión artificial.
5. **Top cinco con resultados numéricos:** Presenta el resultado numérico de las cinco de acierto del modelo.
6. **Imagen de la base:** Al ser reconocida la raza del perro de la foto adquirida, se presenta en este espacio una imagen patrón de la raza identificada correspondiente a la base de datos del modelo con la finalidad de verificar los rasgos específicos de la raza y que sea una forma de verificación visual de lo acertado del proceso de reconocimiento.
7. **Valores de porciones recomendadas:** Una vez identificada la raza del perro el sistema presenta en esta sección de la interfaz las cantidades recomendadas de alimento (gramos) y agua (mililitros) sugeridas desde la base de datos cargada en código (anexo A).

La figura 25-2, se muestra el reconocimiento en funcionamiento de la identificación de la raza del perro.



Figura 25-2: Visualización de resultados del identificador de razas de perros

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

El valor de la cantidad de alimento y agua obtenidos como resultado de la aplicación del modelo de reconocimiento son emitidos de forma inalámbrica a la Raspberry Pi3 residente en el dosificador para su respectivo procesamiento. La figura 26-2, representa el resultado de la comunicación inalámbrica visible en la interfaz de reconocimiento y la pantalla de inicio de la interfaz de manejo del dosificador.



Figura 26-2: Visualización de la comunicación inalámbrica del identificador de razas

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

2.8.1.4 Interfaz gráfica del entorno local

Se planteó el desarrollo de una interfaz gráfica de alto nivel capaz de facilitar la interacción del usuario con el prototipo, en el anexo C se incluye la secuencia de elaboración de la misma. Se desarrolló en Python 3 haciendo uso de su librería *pygame*, la misma que a diferencia de librerías especializadas en interfaz como *Tkinter* o *PQTL*, *pygame* permite un libre diseño de espacios,

agregar imágenes personalizadas, movimiento y no existe límite en la gama de colores disponibles, también puede manejar animaciones (PHYTONMANIA, 2010).

Para el manejo local del dosificador se estableció una aplicación informática basada en menús, para proporcionar varias formas de funcionamiento del prototipo.

La figura 27-2, describe la pantalla de inicio de la aplicación local del dispensador albergada en la Raspberry Pi3.



Figura 27-2: Interfaz gráfica de la pantalla de inicio del entorno local

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

En la figura 27-2, se muestran tres recursos gráficos para la interacción con el prototipo los mismos que se encuentran codificados por números y a continuación se detalla la función de cada uno de ellos.

- **Engranaje Azul:** Representa el vínculo de habilitación a otra pantalla o menú del prototipo.
- **Botón Rojo:** Al generar un pulso en él, éste activa de manera manual la dosificación de alimento. La cantidad de este proceso está definida por la información recibida desde la etapa de reconocimiento de razas, o resulta programable en uno de los menús de la aplicación.
- **Botón azul:** Al generar un pulso en él, éste activa de manera manual la dosificación del agua. La cantidad de este proceso está definida por la información recibida desde la etapa de reconocimiento de razas, o resulta programable en uno de los menús de la aplicación.

La figura 28-2, se muestra la interfaz en funcionamiento en la que se resalta el recurso gráfico con la acción ejecutada en el dosificador físico.

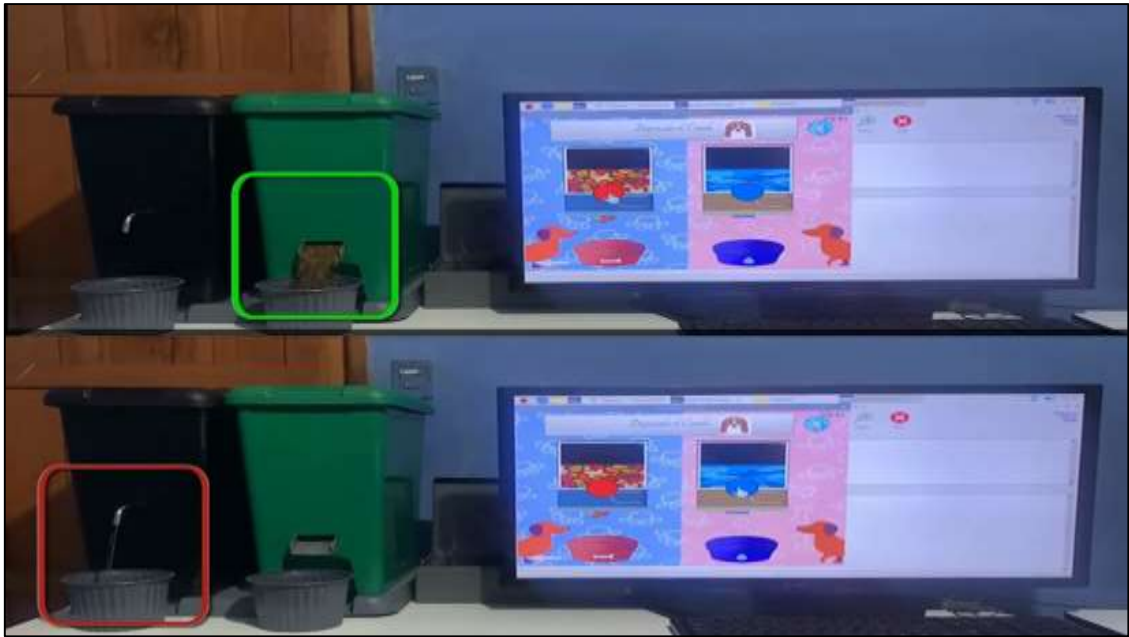


Figura 28-2: Accionamiento manual

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

Como se expresó anteriormente el recurso engranaje azul de la pantalla de inicio del entorno local habilita otra pantalla, a continuación en la figura 28-2, se muestra la pantalla del menú de dosificaciones programadas por tiempo, en este punto se tiene que aclarar que la programación de dosificación se la puede hacer considerando como mínimo una dosificación por día, hasta un máximo de seis dosificaciones por día, se consideró sobredimensionar la interfaz como factor de seguridad pues en la declaración de requerimientos veterinarios se había determinado que la dosificación de alimento para mascotas se la hace de dos a tres veces por día.

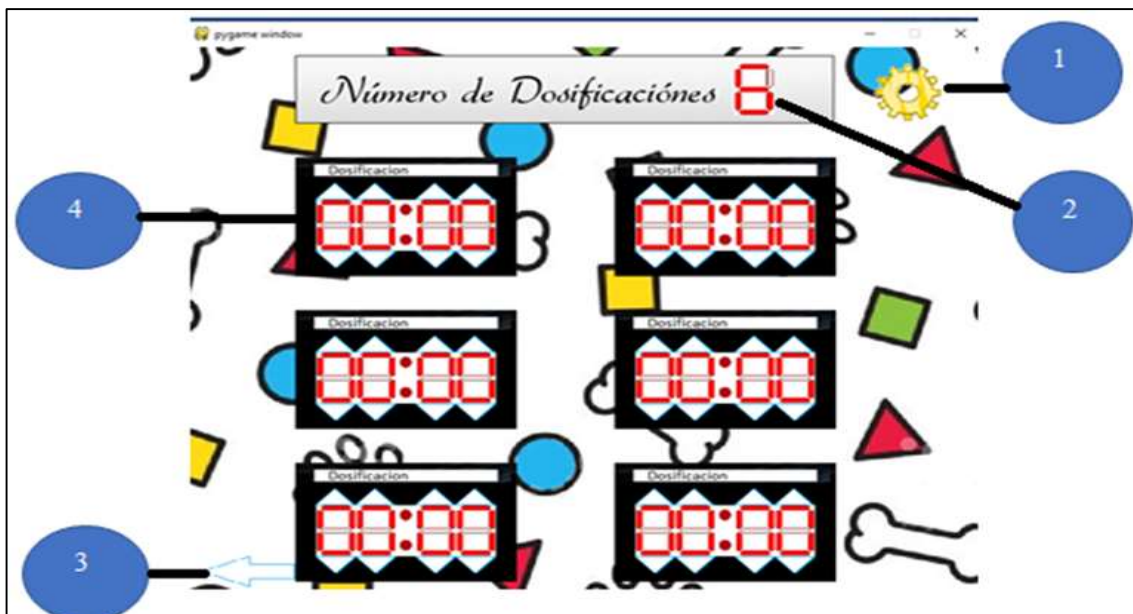


Figura 29-2: Pantalla para la configuración horario de dosificaciones

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

En la figura 29-2, se muestra cuatro recursos gráficos para la interacción con el prototipo los mismos que se encuentran codificados por números y a continuación se detalla la función de cada uno de ellos.

1. **Engranaje Amarillo:** Representa el vínculo de habilitación a otra pantalla o menú del prototipo.
2. **Display número de dosificaciones:** En este recurso el usuario puede fijar un valor desde el uno hasta el seis, que corresponde al número de dosificaciones por día que se desea programar el dosificador; para interactuar con el *display* y generar el cambio de valor se requiere dar un click sobre él hasta llegar al valor deseado.
3. **Botón atrás:** Al generar un pulso en él, éste cierra la ventana actual y direcciona a la pantalla de inicio.
4. **Displays de configuración de horarios de dosificación:** En estos se configura en formato horas: minutos el horario en el que se desea realizar la dosificación de alimento y agua, para interactuar con estos *displays* constan de flechas en la parte superior e inferior las mismas que al relacionar un *click* sobre ellas en el *display* generan una acción ascendente o descendente del valor, esta acción se la realizará hasta *setear* los valores deseados.

La figura 30-2, se muestra el resultado de la interfaz en funcionamiento en la que se programa una sola dosificación.



Figura 30-2: Dosificación de alimento y agua programada por el prototipo

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

Como se manifestó anteriormente el engranaje amarillo habilita una nueva pantalla de menú, esta vez en dicho entorno se puede configurar la cantidad de alimento y agua para la dosificación, considerando casos en los que tal vez por diagnóstico médico u otra situación el perro tenga que cambiar su dosis a la recomendada en la base de datos anexo A. La figura 31-2, muestra la pantalla de configuración de las cantidades de dosificación de alimento y agua.

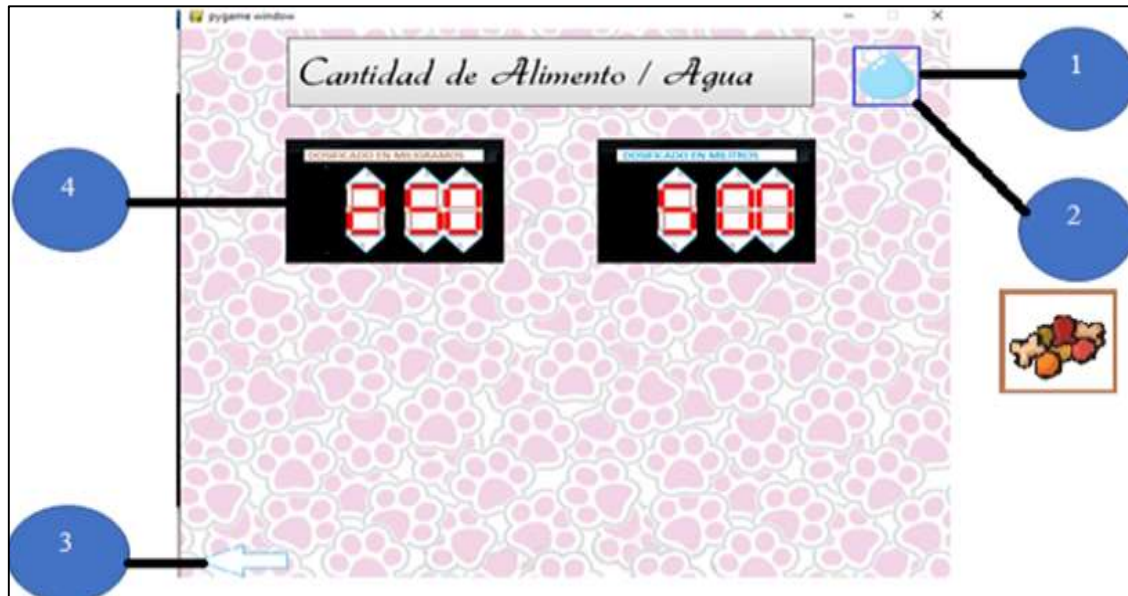


Figura 31-2: Pantalla para la configuración de cantidad de alimento y agua

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

En la figura 31-2 se muestra cuatro recursos gráficos para la interacción con el prototipo los mismos que se encuentran codificados por números y a continuación se detalla la función de cada uno de ellos.

1. **Botón icono agua:** Éste aparece por defecto al iniciar la pantalla, representa la habilitación del display para configuración de cantidad de alimento. Al dar un click sobre este botón, desaparece y habilita el botón icono de alimento.
2. **Botón icono alimento:** Aparece posterior a la acción de un *click* sobre el botón icono agua. Al estar activo este botón habilito el display para configuración de cantidad de alimento. Si se da un click sobre este botón regresa a la etapa de configuración de cantidad de agua.
3. **Botón atrás:** Al generar un pulso en él, éste cierra la ventana actual y direcciona a la pantalla de inicio.
4. **Displays configuración cantidades de alimento y agua:** Mantienen su principio de funcionamiento acorde al método de interacción como los explicados en literales anteriores.

La figura 35-2 muestra la configuración de cantidad de alimento y agua en el dispensador físico.



Figura 32-2: Configuración de cantidad de alimento y agua en el prototipo

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

2.8.2 Control y monitoreo de variables del prototipo

El gráfico 4-2, representa el diagrama de flujo de las instrucciones del algoritmo de control y monitoreo, relaciona instrucciones programables para la adquisición de información de los sensores y el manejo de actuadores incorporados al prototipo. El código de esta sección se encuentra en el anexo D.

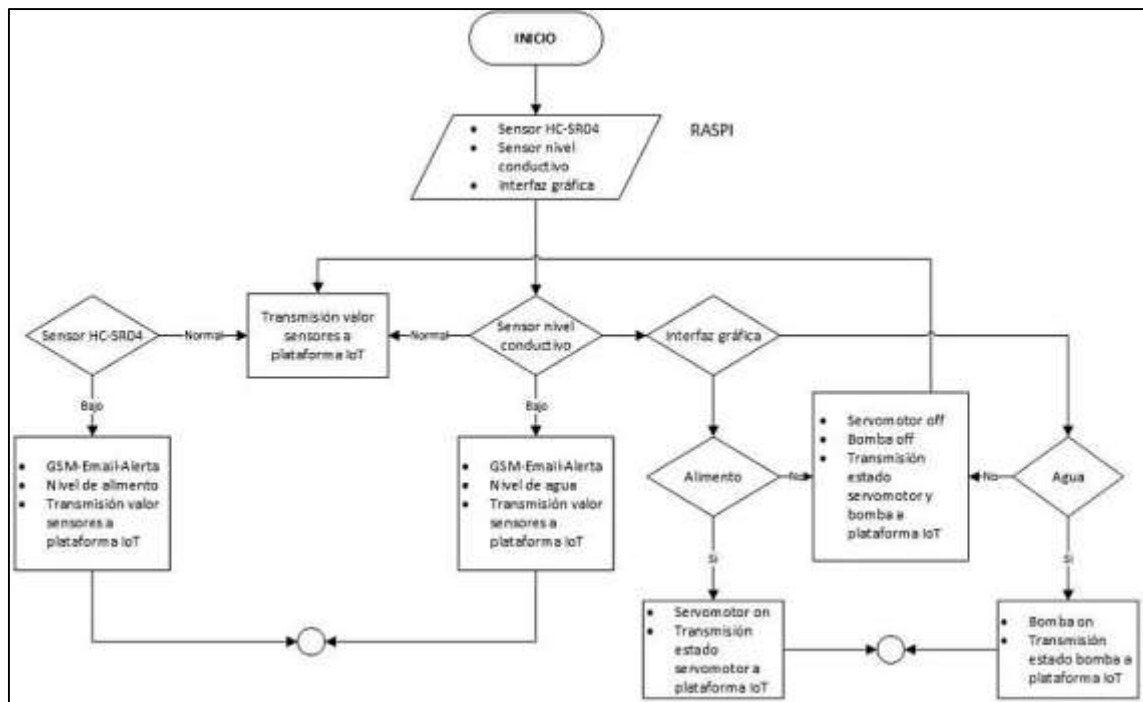


Gráfico 4-2: Diagrama de flujo de las instrucciones del algoritmo de control y monitoreo

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.(UnitElectronics, 2021)

A continuación, se describen las acciones planteadas en el algoritmo de control y monitoreo del prototipo.

- El algoritmo parte de la lectura de las señales del nivel de alimento y agua proporcionadas por los sensores, ultrasónico HC-SR04 y sensor de conductividad respectivamente. Paralelamente se evalúan las instrucciones generadas desde la interfaz gráfica para el manejo del prototipo.
- Una vez adquiridos los valores de las señales de los sensores y acciones de la interfaz gráfica se evalúan cada uno de ellos para definir acciones específicas.
- Al evaluar el valor del sensor ultrasónico si se determina un nivel de alimento bajo, se activa las instrucciones para la ejecución de la alerta GSM y el envío de un correo electrónico (e-mail), que consiste en la transmisión de un mensaje de texto con el argumento “Estimado usuario el alimento se agotó, revise el dosificador”
- Al evaluar el valor del sensor de conductividad si se determina un nivel de agua bajo, se activa las instrucciones para la ejecución de la alerta GSM y el envío de un correo electrónico (e-mail), que consiste en la transmisión de un mensaje de texto con el argumento “Estimado usuario el agua se agotó, revise el dosificador”
- En el caso de que los dos sensores estén otorgando un valor considerado dentro de la programación como normal por la existencia de alimento y agua el algoritmo continúa ejecutando acciones de lectura.

El gráfico 5-2, muestra el diagrama de flujo del proceso para la emisión de alarmas por medio de tecnología GSM.

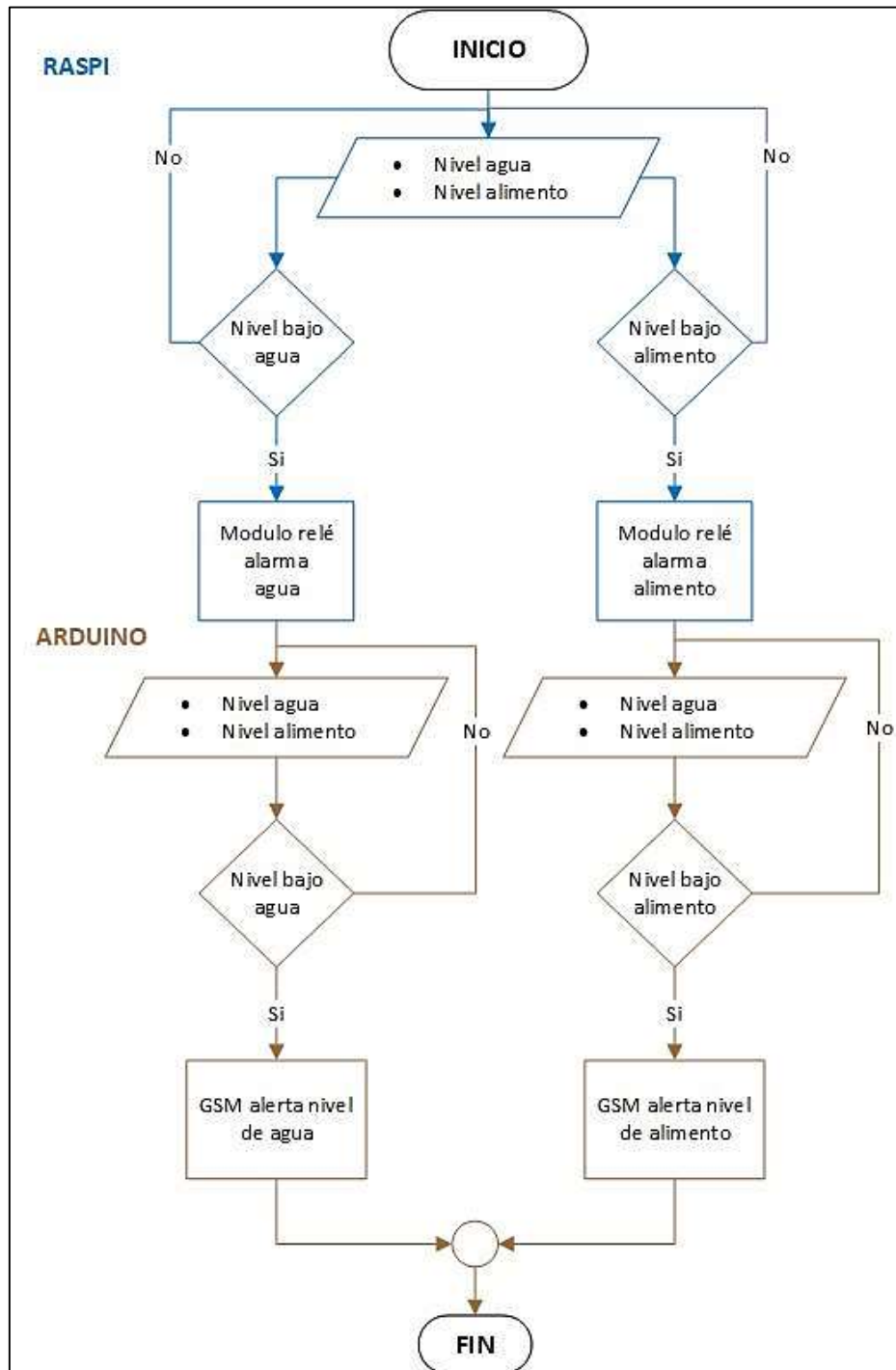


Gráfico 5-2: Diagrama de flujo de la emisión de alarmas por medio de tecnología GSM

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.(UnitElectronics, 2021)

El programa completo del microcontrolador se lo adjunto en el Anexo E. El proceso para la gestión de alarmas por GSM sigue los siguientes pasos:

- Se parte de la adquisición de las señales de los sensores empleados para la evaluación del nivel de alimento y agua hacia la Raspberry a través de los puertos GPIO asignados a los mismos.
- En el programa principal desarrollado en la Raspberry se procesan las señales de los sensores y se evalúa sus valores para determinar si existe un nivel bajo de alimento o agua.
- Del resultado de la evaluación de los sensores en caso de detectar un nivel bajo de alimento o agua se emiten una señal digital individual de cada caso desde la Raspberry (a través de los módulos de relé) hacia el microcontrolador de la plataforma Arduino UNO.
- El microcontrolador lee las señales emitidas desde la Raspberry y las procesa, en el caso de recibir un nivel alto (*HIGH*) este ejecuta la codificación para la emisión de mensajes de texto a un número especificado previamente en el código.

Dentro de la programación del microcontrolador destaca la codificación AT donde los comandos principales son:

- AT+CMGF=1: Empleado para seleccionar el formato del mensaje SMS como texto.” El formato por defecto es Unidad de Datos de Protocolo (PDU)”
- AT+CMGS=+593934xxxx34 – Envía un SMS al número de teléfono especificado.
- La información del mensaje que se desea enviar se la imprime desde el puerto Serial del Arduino hacia el serial de la tarjeta SIM800L, que es la encargada de emitir por tecnología GSM el mensaje SMS.

El gráfico 6-2, muestra el diagrama de flujo del proceso para la emisión de alarmas al correo electrónico.

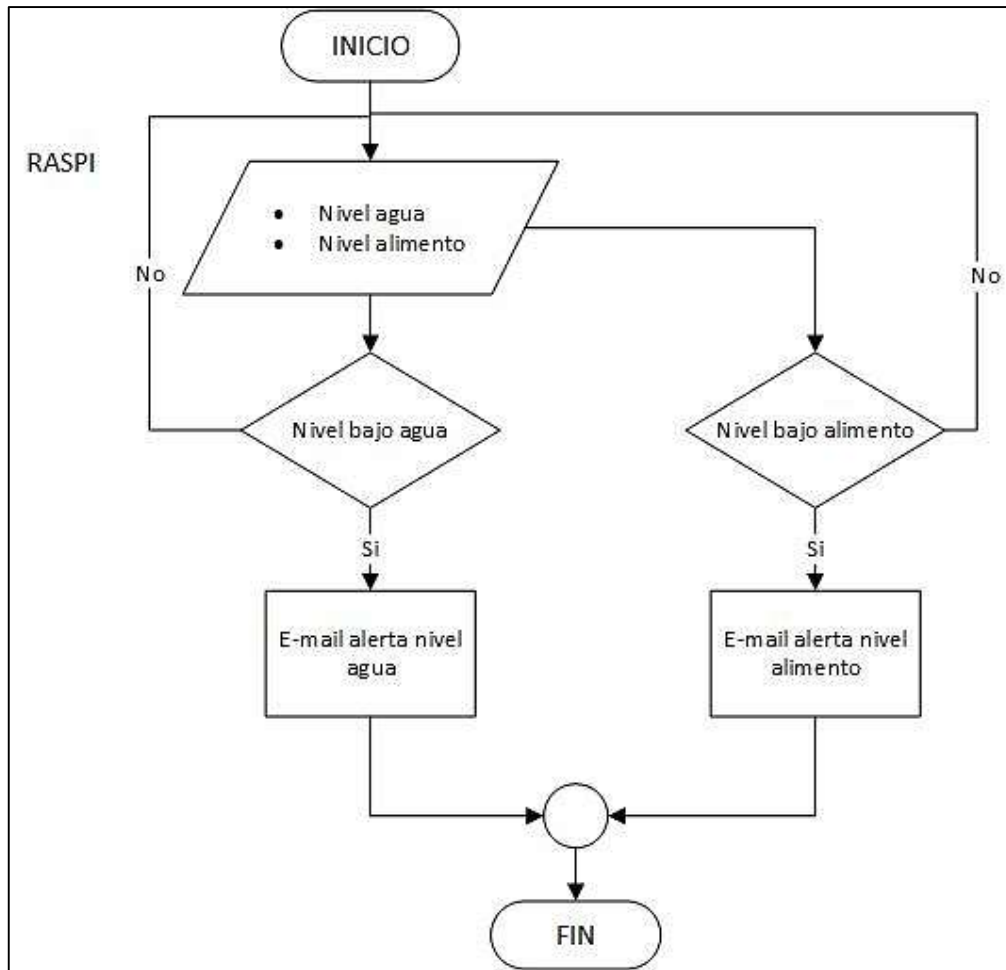


Gráfico 6-2: Diagrama de flujo de la emisión de alarmas por e-mail

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.(UnitElectronics, 2021)

Esta alarma se gestiona directamente en la Raspberry, dentro de la codificación en Python, a continuación, se expone el flujo del proceso:

- Igualmente, se adquieren las señales de los sensores empleados para la evaluación del nivel de alimento y agua hacia la Raspberry a través de los puertos GPIO asignados a los mismos.
- En el programa principal desarrollado en la Raspberry se procesan las señales de los sensores y se evalúa sus valores para determinar si existe un nivel bajo de alimento o agua.
- Del resultado de la evaluación de los sensores en caso de detectar un nivel bajo de alimento o agua se emiten el envío del correo electrónico hacia el e-mail especificado previamente en la programación.

La programación completa levantada para la implementación de este servicio se la adjunta en el Anexo F.

En ambos casos, sea que el nivel de alimento y agua estén en los intervalos normales o bajos, la información es transmitida hacia la plataforma Ubidots para el monitoreo y generación de su historial.

El gráfico 7-2, representa el diagrama de flujo del proceso para la emisión información a la plataforma IoT Ubidots desde la Raspberry Pi3.



Gráfico 7-2: Diagrama de flujo de Raspberry Ubidots

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.(UnitElectronics, 2021)

El diagrama de flujo parte de la declaración en el programa de un “*Token*”, este corresponde a un código que actúa como credencial de la cuenta creada en Ubidots, paralelamente a esto se asignan las etiquetas para nombrar al dispositivo a crearse en la plataforma y para la identificación de variables a escribirse en el *Dashboard* del dispositivo.

Una vez asignadas las etiquetas a escribirse en la plataforma Ubidots se incluye una función que crea un arreglo con las variables que asignarán valores a las mismas.

Posteriormente se incluye una función encargada de verificar la conexión de internet del dispositivo y en el caso de un resultado positivo se realiza el envío de información desde la Raspberry hacia el Ubidots y en el caso negativo se emite un mensaje de aviso de conexión errónea. El código para la conexión de la Raspberry con Ubidots se incluye en el anexo G.

Por último, en el diagrama de flujo del algoritmo de control y monitoreo del prototipo se observa que se adquiere información desde la interfaz gráfica para la manipulación de los actuadores. El código para el manejo de los actuadores se incluye en el anexo H.

Una vez adquirida la información de la interfaz esta evalúa para encender o mantener apagado el actuador, paralelamente mediante instrucciones anexas en el código se transmite su estado para el respectivo monitoreo y generación del historial de funcionamiento de los actuadores.

De esta manera se tiene configurado todo el sistema para poder realizar las pruebas y validar su funcionalidad.

CAPÍTULO III

3. VALIDACIÓN DE PROTOTIPO

En este capítulo se realizan pruebas sobre el prototipo y se analizan sus resultados verificando el cumplimiento de los requerimientos planteados al inicio del proyecto, se verificó la funcionalidad del proceso de dosificación de alimento, agua manual y programable, reconocimiento de la raza del perro y la respuesta del sistema de monitoreo y alarmas.

3.1 Verificación de la funcionalidad de los procesos de dosificación

Figura 1-3, Prototipo implementado en su totalidad, parte estructural, *hardware* y *software*.



Figura 1-3: Vista frontal del prototipo implementado

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

La figura 2-3, Perspectiva del prototipo resaltando los componentes de los sistemas de dosificación tanto de alimento como de agua.



Figura 2-3: Vista superior del prototipo implementado

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

Se planteó realizar pruebas funcionales en el prototipo para determinar tiempos de procesos, respuesta y márgenes de error.

3.1.1 Validación del proceso de reconocimiento de la raza del perro

El objetivo de esta prueba es determinar la probabilidad de acierto y tiempo de procesamiento del modelo de visión artificial para el reconocimiento de la raza del perro. Se empleó una base de datos de 100 imágenes de perros estableciendo la presencia de 13 razas tomadas del sitio web www.kaggle.com.

La tabla 1-3, muestra los resultados del reconocimiento de raza de cada perro incluido en la base de datos de imágenes para la prueba, considerando la probabilidad de acierto siendo 1, en el estado de máxima seguridad en la identificación y 0, una total inseguridad; se incluye el tiempo que requiere el modelo para su procesamiento.

Tabla 1-3: Probabilidad, tiempo de respuesta en la detección de razas

| Tiempo de procesamiento y eficiencia del sistema | | | |
|--|--------------------------|--------------|-------------------|
| N° | Raza | Probabilidad | Tiempo (segundos) |
| 1 | 057,Dalmatian | 1,0 | 0,375 |
| 2 | 057,Dalmatian | 0,988 | 0,390 |
| 3 | 057,Dalmatian | 0,990 | 0,390 |
| 1 | 016,Beagle | 0,706 | 0,407 |
| 2 | 016,Beagle | 0,394 | 0,390 |
| 3 | 016,Beagle | 0,793 | 0,407 |
| 1 | 004,Akita | 0,801 | 0,375 |
| 2 | 004,Akita | 0,990 | 0,375 |
| 3 | 004,Akita | 0,937 | 0,406 |
| 1 | 034,Boxer | 0,558 | 0,375 |
| 2 | 034,Boxer | 0,493 | 0,4212 |
| 3 | 034,Boxer | 0,972 | 0,391 |
| 1 | 048,Chihuahua | 0,755 | 0,391 |
| 2 | 048,Chihuahua | 0,990 | 0,406 |
| 3 | 048,Chihuahua | 0,990 | 0,422 |
| 1 | 059,Doberman_pinscher | 0,715 | 0,401 |
| 2 | 059,Doberman_pinscher | 0,944 | 0,438 |
| 3 | 059,Doberman_pinscher | 0,505 | 0,390 |
| 1 | 069,French_bulldog | 1,0 | 0,375 |
| 2 | 069,French_bulldog | 0,741 | 0,391 |
| 3 | 069,French_bulldog | 0,987 | 0,406 |
| 1 | 071,German_shepherd_dog | 0,463 | 0,391 |
| 2 | 071,German_shepherd_dog | 0,959 | 0,375 |
| 3 | 071,German_shepherd_dog | 0,622 | 0,391 |
| 1 | 076,Golden_retriever | 0,943 | 0,375 |
| 2 | 076,Golden_retriever | 0,925 | 0,4220 |
| 3 | 076,Golden_retriever | 0,624 | 0,422 |
| 1 | 091,Japanese_chin | 0,843 | 0,391 |
| 2 | 091,Japanese_chin | 0,990 | 0,4056 |
| 3 | 091,Japanese_chin | 1,0 | 0,406 |
| 1 | 113,Old_english_sheepdog | 0,990 | 0,391 |
| 2 | 113,Old_english_sheepdog | 0,877 | 0,406 |
| 3 | 113,Old_english_sheepdog | 0,952 | 0,391 |
| 1 | 124,Poodle | 0,973 | 0,390 |
| 2 | 124,Poodle | 0,920 | 0,39 |
| 3 | 124,Poodle | 0,934 | 0,380 |
| 1 | 096,Labrador_retriever | 0,9285 | 0,422 |
| 2 | 096,Labrador_retriever | 0,999 | 0,390 |
| 3 | 096,Labrador_retriever | 0,999 | 0,391 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Del análisis de la tabla 1-3, se determinó que la eficiencia del modelo para el reconocimiento de la raza del perro difiere entre razas, y será la calidad de imagen, color y posición del perro los factores que definan el resultado. Se establece del conjunto de pruebas que el tiempo máximo empleado en la ejecución del modelo fue de 0,468 segundos y el mínimo de 0,375 segundos.

En la tabla 2-3, Resumen de la tabla anterior expresada en la probabilidad mínima y máxima del reconocimiento de cada raza de perro.

Tabla 2-3: Resumen probabilidad de detección de razas

| Resumen de eficiencia del sistema de reconocimiento | | | |
|--|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| N° | Raza | Probabilidad mínima | Probabilidad máxima |
| 1 | 057,Dalmatian | 0,555 | 1,0 |
| 2 | 016,Beagle | 0,394 | 0,9107 |
| 3 | 004,Akita | 0,781 | 0,990 |
| 4 | 034,Boxer | 0,493 | 0,987 |
| 5 | 048,Chihuahua | 0,715 | 1,0 |
| 6 | 059,Doberman_pinscher | 0,504 | 0,902 |
| 7 | 069,French_bulldog | 0,741 | 1,0 |
| 8 | 071,German_shepherd_dog | 0,463 | 0,990 |
| 9 | 076,Golden_retriever | 0,494 | 0,990 |
| 10 | 091,Japanese_chin | 0,843 | 1,0 |
| 11 | 113,Old_english_sheepdog | 0,877 | 0,990 |
| 12 | 124,Poodle | 0,892 | 0,990 |
| 13 | 096,Labrador_retriever | 0,827 | 0,9990 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Del análisis tabla 2-3 se determinó una funcionalidad del 100 % en el reconocimiento de raza de perros de la muestra, de las 100 imágenes de prueba todas fueron acertadas en la identificación de raza del perro; cabe recalcar que al hablar de eficiencia el modelo mismo arroja su eficiencia en base a la probabilidad para cada imagen siendo uno y cero de probabilidad el 100% y el 0% de eficiencia respectivamente.

3.1.1.1 Verificación del tiempo de carga del modelo

El objetivo es medir el tiempo que toma Python para cargar el modelo en la aplicación para el reconocimiento de la raza del perro. La tabla 3-3, representa el resultado de diez pruebas realizadas para medir el tiempo de respuesta en la carga del modelo en la aplicación.

Tabla 3-3: Tiempo de respuesta de carga del modelo

| Prueba | Tiempo (Segundos) |
|---------------|--------------------------|
| 1 | 8,563 |
| 2 | 8,516 |
| 3 | 8,66 |
| 4 | 8,172 |
| 5 | 8,389 |
| 6 | 8,563 |
| 7 | 8,079 |
| 8 | 8,468 |
| 9 | 8,937 |
| 10 | 8,2039 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Del análisis de la tabla se determinó que el tiempo de respuesta para la carga del modelo no tiene variaciones considerables siempre fluctúa en un promedio de 8 segundos.

3.1.1.2 Evaluación de la probabilidad y el tiempo de procesamiento

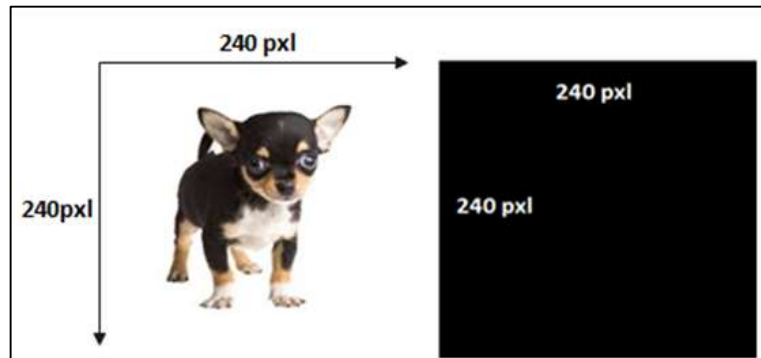


Figura 3-3: Medida base de la imagen procesada

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

En la figura 3-3 se visualiza la imagen base de 240x240 pixeles con la que se evaluó el algoritmo de visión, en esta prueba se optó por evaluar la probabilidad y la respuesta en el procesamiento de la imagen variando su tamaño, en la tabla 4-3 y tabla 5-3, se visualiza en la primera columna la constante de conversión C empleada para ajuste de la escala (atenuación & amplificación) respecto a la imagen base empleada, en las siguientes columnas se obtiene los resultados de la prueba, la probabilidad de identificación de la raza del perro y el tiempo de procesamiento.

Tabla 4-3: Tiempo de respuesta de carga del modelo disminuyendo el área de la imagen

| Tamaño de la Imagen (atenuar) | | |
|-------------------------------|--------------|--------|
| C | Probabilidad | Tiempo |
| 0,1 | 0,288 | 0,360 |
| 0,15 | 0,407 | 0,359 |
| 0,2 | 0,184 | 0,359 |
| 0,25 | 0,206 | 0,3599 |
| 0,3 | 0,315 | 0,375 |
| 0,35 | 0,239 | 0,375 |
| 0,4 | 0,705 | 0,3590 |
| 0,45 | 0,998 | 0,375 |
| 0,5 | 0,999 | 0,3909 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Tabla 5-3: Tiempo de respuesta de carga del modelo aumentando el área de la imagen

| Tamaño de la imagen (amplificar) | | |
|----------------------------------|--------------|--------|
| C | Probabilidad | Tiempo |
| 1 | 0,990 | 0,375 |
| 2 | 0,990 | 0,375 |
| 3 | 0,990 | 0,360 |
| 4 | 0,990 | 0,359 |
| 5 | 0,990 | 0,375 |
| 6 | 0,990 | 0,359 |
| 7 | 0,990 | 0,375 |
| 8 | 0,990 | 0,391 |
| 9 | 0,9990 | 0,391 |
| 10 | 0,9990 | 0,375 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De los datos obtenidos de la tabla 4-3 y 5-3 del resultado de las pruebas variando el tamaño de la imagen se puede concluir que mientras más grande es la imagen la probabilidad de acierto es mayor y respecto al tiempo de aplicación del algoritmo de visión, no tiene mayor repercusión el tamaño de la imagen.

3.1.2 Validación del mecanismo para el dosificador de alimento

Esta prueba se realizó con el objetivo de determinar el residuo que se produce al realizar una dosificación total del acopio de alimento de forma manual y automática configurando y activando el electro mecanismo implementado en el dispensador. Se desarrollaron los siguientes procedimientos:

Manual

- Llenar el acopio con su capacidad máxima de 800 gr.
- Accionar el mecanismo de dosificación manualmente hasta vaciar el acopio.
- Verificar la existencia de residuo de alimento en el acopio.
- Pesar el residuo de alimento.
- Registrar.

Automático (Electro mecanismo)

- Llenar el acopio con su capacidad máxima de 800 gr.
- Configurar en la interfaz gráfica del equipo para que se efectúe una dosificación de 800gr.
- Ejecutar la dosificación automática desde la interfaz.
- Verificar la existencia de residuo de alimento en el acopio.
- Pesar el residuo de alimento.
- Registrar.

Los procedimientos se realizaron 10 veces cada uno, la misma que se registró los resultados en la tabla 6-3 obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6-3: Resultados de dispensado manual vs electro mecanismo

| Prueba | Manual | | | Electro mecanismo | | |
|--------|---------------------|----------------------|----------|---------------------|----------------------|----------|
| | Alimento dispensado | Residuo en el acopio | Total | Alimento dispensado | Residuo en el acopio | Total |
| | (gramos) | (gramos) | (gramos) | (gramos) | (gramos) | (gramos) |
| 1 | 800 | 0 | 800 | 800 | 0 | 800 |
| 2 | 800 | 0 | 800 | 800 | 0 | 800 |
| 3 | 800 | 0 | 800 | 800 | 0 | 800 |
| 4 | 800 | 0 | 800 | 800 | 0 | 800 |
| 5 | 800 | 0 | 800 | 800 | 0 | 800 |
| 6 | 800 | 0 | 800 | 800 | 0 | 800 |
| 7 | 800 | 0 | 800 | 800 | 0 | 800 |
| 8 | 800 | 0 | 800 | 800 | 0 | 800 |
| 9 | 800 | 0 | 800 | 800 | 0 | 800 |
| 10 | 800 | 0 | 800 | 800 | 0 | 800 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Del análisis de la tabla 6-3 se determina una eficiencia máxima del dispensado del 100%, siendo Comparado con dispensadores de alimento comerciales alcanza la máxima eficiencia.

3.1.2.1 Validación de la dosificación parcial de alimento

Esta prueba se realizó para determinar el error en la dosificación de peso específico de alimento, para lo cual se consideró desarrollar el siguiente procedimiento:

- Llenar el acopio con su capacidad máxima de 800 gr.
- Configurar en la interfaz gráfica del equipo para que se efectúe una dosificación de gramos. En la figura 4-3 se muestran las pantallas de la configuración en la interfaz para una dosificación de 400gr y de 800gr.



Figura 4-3: Configuración en la interfaz para ensayo de 400 gr y 800 gr

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

- Ejecutar la dosificación automática desde la interfaz.
- Pesar la cantidad de alimento dosificada. En la figura 5-3 se evidencia la forma de verificación de la cantidad de alimento dosificado por medio del pesaje del mismo.



Figura 5-3: Pesaje del alimento dispensado

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

- Registrar

El procedimiento se realizó 10 veces para 10 pesos específicos, obteniendo los resultados expuestos en la tabla 7-3.

Tabla 7-3: Verificación del peso de alimento dosificado vs programado

| Prueba | Alimento dispensado programado (gramos) | Alimento dispensado pesado (gramos) | | | | | | | | | |
|--------|---|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 80 | 78 | 85 | 79 | 78 | 82 | 81 | 78 | 80 | 85 | 82 |
| 2 | 160 | 165 | 159 | 164 | 161 | 160 | 157 | 161 | 160 | 158 | 165 |
| 3 | 240 | 238 | 242 | 240 | 245 | 240 | 239 | 243 | 242 | 243 | 241 |
| 4 | 320 | 324 | 317 | 319 | 324 | 322 | 323 | 319 | 321 | 317 | 322 |
| 5 | 400 | 404 | 403 | 404 | 400 | 396 | 398 | 402 | 403 | 401 | 403 |
| 6 | 480 | 478 | 477 | 482 | 480 | 483 | 479 | 478 | 482 | 483 | 481 |
| 7 | 560 | 561 | 556 | 563 | 564 | 556 | 560 | 562 | 559 | 563 | 559 |
| 8 | 640 | 638 | 639 | 643 | 642 | 643 | 644 | 641 | 639 | 642 | 643 |
| 9 | 720 | 722 | 718 | 719 | 717 | 723 | 720 | 717 | 723 | 724 | 718 |
| 10 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

De la tabla 7-3, se puede concluir el error máximo de dosificación está dado en 5 gr, y este error disminuye a medida que la cantidad de alimento a dosificarse aumenta. En consulta con el especialista Dr. Wilson Chimbo del centro veterinario “La Habana” de la ciudad de Guaranda

sobre la posible afección en el perro por el exceso o falta de los 5 gr de alimento en su dosis de alimento, supo manifestar que no es una cantidad que pueda repercutir en la nutrición de la mascota.

Resultado del análisis de la tabla 7-3 se puede manifestar que el dispensador sería útil para:

- **Rutinas de alimentación diaria** de perros gigantes de más de 50Kg que consumen hasta 800 gr de alimento al día; y para perros grandes de 20 a 40Kg que consumen hasta 590 gr de alimento al día.
- **Rutinas de alimentación hasta 2 días** de perros medianos de 10 a 20 Kg que consumen hasta 310 gr de alimento al día.
- **Rutinas de alimentación hasta 4 días** de perros pequeños de 3 a 10 Kg que consumen hasta 190 gr de alimento al día.
- **Rutinas de alimentación hasta 8 días** de perros mini de 2 a 3 Kg que consumen hasta 90 gr de alimento al día.

3.1.3 Validación del dosificado de agua

El objetivo fue determinar la cantidad de agua dosificada por la bomba en un intervalo de tiempo, se planteó el siguiente procedimiento:

- Pesar el reservorio con los 2000 mililitros de agua. La figura 5-3, representa el pesaje de los 2000 mililitros de agua en el reservorio.



Figura 6-3: Peso del reservorio con 2000 mililitros de agua

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

- Generar por defecto la activación de la bomba por un minuto.
- Volver a pesar el reservorio con el residuo de agua luego de la dosificación ejecutada.
- La diferencia de peso en gr transformarla a ml.

Finalmente, se puede establecer que la dosificación de agua se realiza a una capacidad de 12 mililitros por segundo.

3.1.4 Validación del entorno web en Ubidots

El objetivo de esta prueba se verificar la presentación de las variables figuradas por actuadores y sensores del dispensador en la plataforma Ubidots e interpretar su representación para el análisis de resultados.

En la figura 7-3 se puede apreciar la página web resultante de Ubidots donde se registra el dispositivo “Raspi” con las variables que gestiona para el manejo del dispensador tales como la bomba para dosificación de agua, servomotor para dosificación de alimento, sensor de nivel de acopio de agua y sensor de nivel del acopio de alimento.

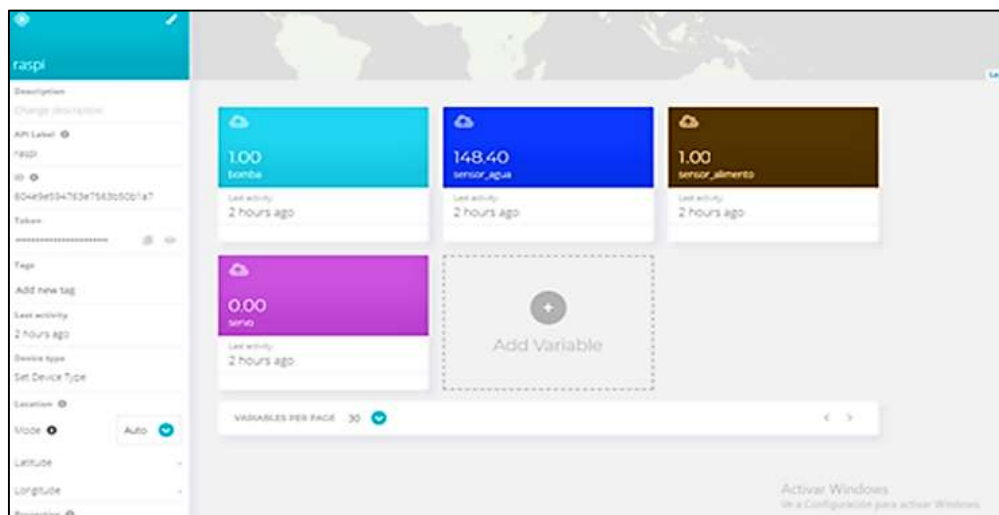


Figura 7-3: Dispositivo creado por Ubidots con las variables asignadas

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

La figura 8-3 representa la página web resultante de Ubidots para el monitoreo de la bomba y se puede observar la curva de respuesta de funcionamiento de la misma.

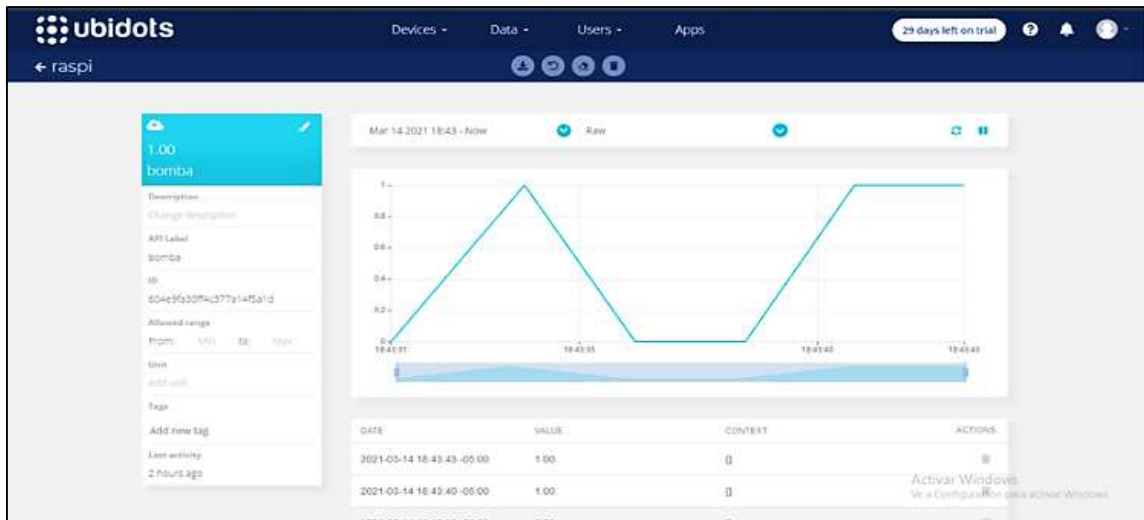


Figura 8-3: Curva de monitoreo desde Ubidots del funcionamiento de la bomba

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

Del análisis de la curva figura 8-3 se determina que la escala empleada va de un mínimo de 0 hasta un máximo de 1, motivo por el cual se debe considerar a la bomba como una variable discreta que puede estar encendida o apagada. La misma lógica de monitoreo tiene la carga servomotor que activa o no la dosificación del alimento.

La figura 9-3 representa la página web resultante de Ubidots para el monitoreo del nivel de alimento en el acopio y se puede observar la curva de respuesta del sensor ultrasónico empleado para medida del parámetro mencionado.

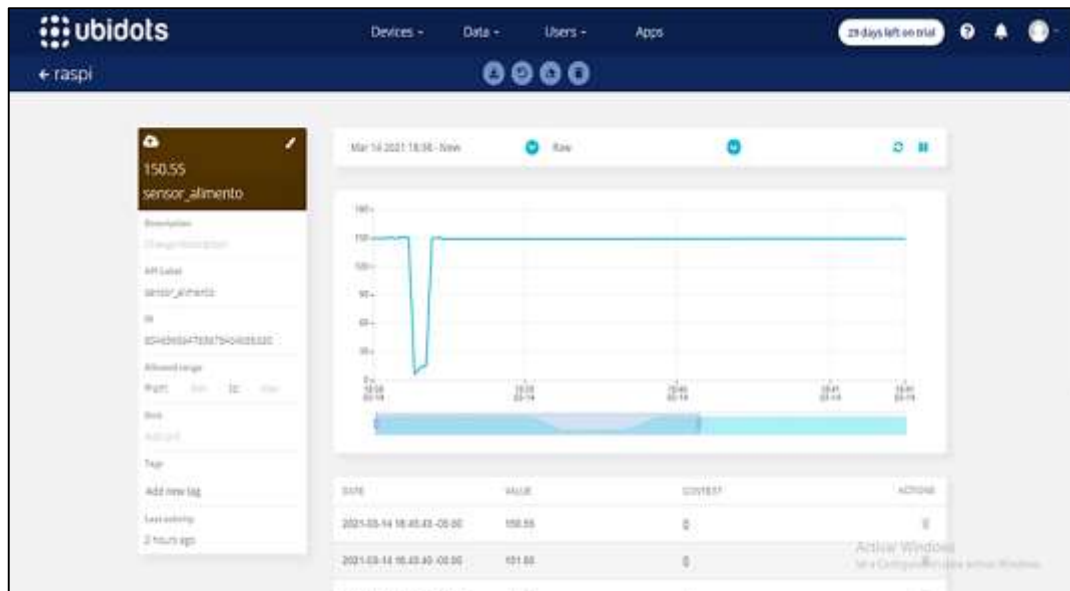


Figura 9-3: Curva de monitoreo desde Ubidots del sensor de nivel de alimento en el acopio

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

Del análisis de la curva en la figura 9-3 se determina que el pico máximo que alcanza es de 152 cuando el acopio de alimento está totalmente lleno y el mínimo tiende a 0 cuando este se vacía,

los valores obtenidos del sensor ultrasónico responden a la aseveración de a mayor distancia menor cantidad de alimento, a menor distancia mayor cantidad del mismo en el acopio.

Se determinó como resultado final de la implementación en la plataforma Ubidots una forma de monitoreo remoto, y el seguimiento histórico del comportamiento de las variables del prototipo dosificador mediante curvas.

3.1.5 Validación de la comunicación del dosificador con Ubidots

Esta prueba se realizó con la finalidad de determinar la respuesta en la comunicación del dosificador y Ubidots midiendo tiempos desde la ejecución de una acción en el entorno físico hasta obtener la señal para su monitoreo en el espacio web en Ubidots. A continuación se detallan las acciones realizadas:

- Se accedió en Ubidots al histórico de datos de cada variable del sistema para verificar el número de mensajes recibidos. En la figura 10-3 se observa el histórico de la variable servo en Ubidots.

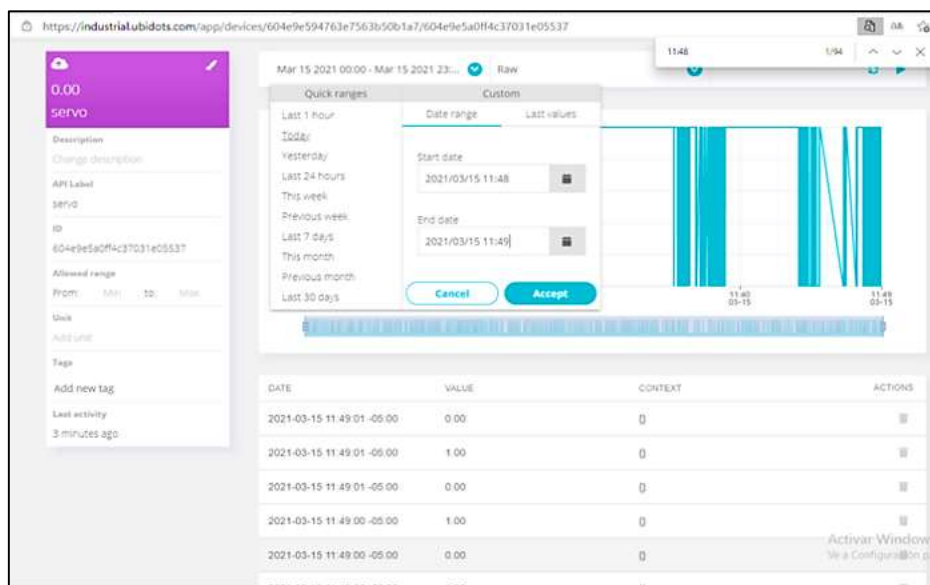


Figura 10-3: Histórico de la variable servo en Ubidots.

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

- Se ejecutó en Python una rutina de conteo de paquetes enviados y se comparó con el número de paquetes registrados en el histórico de Ubidots. La tabla 8-3 representa los resultados de la respuesta de comunicación del dosificador con Ubidots en términos de paquetes enviados desde el dosificador y los recibidos en la plataforma Ubidots.

Tabla 8-3: Respuesta de la comunicación del dispensador con Ubidots

| Nº | Generadas(Python) | Recibidas(Ubidots) |
|----|-------------------|--------------------|
| 1 | 184 | 178 |
| 2 | 186 | 179 |
| 3 | 184 | 179 |
| 4 | 186 | 181 |
| 5 | 184 | 180 |
| 6 | 187 | 181 |
| 7 | 185 | 180 |
| 8 | 183 | 177 |
| 9 | 185 | 181 |
| 10 | 184 | 178 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Análisis de la tabla 8-3, Se considera el promedio de mensajes enviados vs recibidos se establece una eficiencia media del 97.07% en la comunicación entre dosificador y la plataforma Ubidots. Sin embargo, se debe indicar que esta respuesta puede fluctuar, dependerá mucho de la calidad de conexión de internet que se disponga.

3.2 Validación del sistema de alertas

Esta prueba se realizó con la finalidad de determinar la respuesta en la generación de alertas para el aviso de acopio de alimento y/o agua vacíos. A continuación, se detallan las acciones realizadas:

- Desde la interfaz gráfica se realizó el vaciado manual del alimento.
- Al generar el vaciado total del acopio se cronometró el tiempo de llegada de la notificación tanto en el mensaje de texto vía GSM, como en el correo electrónico.

La figura 11-3, representa la llegada de una señal de alarma al correo electrónico asignada para alertar sobre el nivel bajo de agua en el acopio del dispensador.

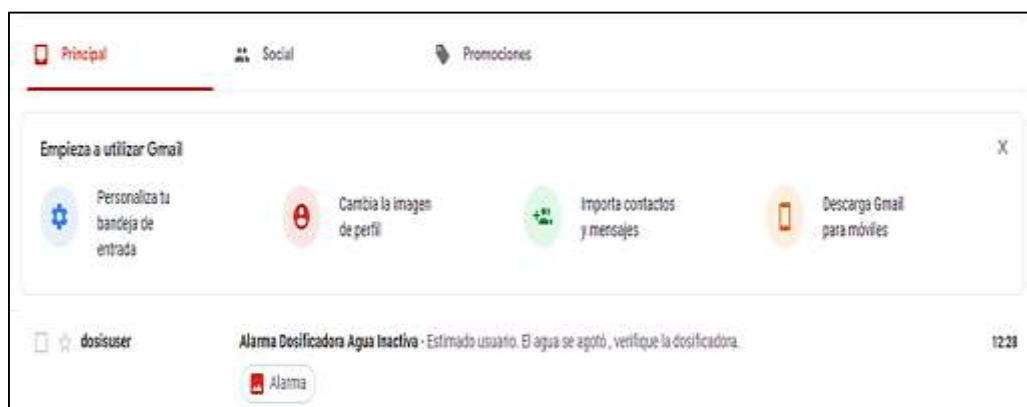


Figura 11-3: Alertas gestionadas al correo electrónico

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

Se realizaron 10 ensayos del procedimiento descrito, alternando el vaciado de alimento y agua, en la Tabla 9-3, se aprecian los resultados obtenidos considerando la respuesta en unidad de tiempo.

Tabla 9-3: Respuesta de la comunicación de alertas GSM y correo electrónico

| N° | GSM (segundos) | Correo electrónico (segundos) |
|----|----------------|-------------------------------|
| 1 | 3 | 2 |
| 2 | 3 | 2 |
| 3 | 3 | 2 |
| 4 | 4 | 2 |
| 5 | 3 | 1 |
| 6 | 3 | 2 |
| 7 | 3 | 2 |
| 8 | 2 | 2 |
| 9 | 3 | 3 |
| 10 | 3 | 2 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

Análisis de la tabla 9-3, se obtiene que la alerta gestionada a través de GSM tiene una latencia promedio de 3 segundos a partir del evento producido en el dispensador, mientras que a través del correo eléctrico se obtuvo un tiempo promedio de 2 segundos de latencia.

La figura 12-3 evidencia en conjunto los dos medios para la generación de alertas tanto en el mensaje de texto vía GSM, como en el correo electrónico.

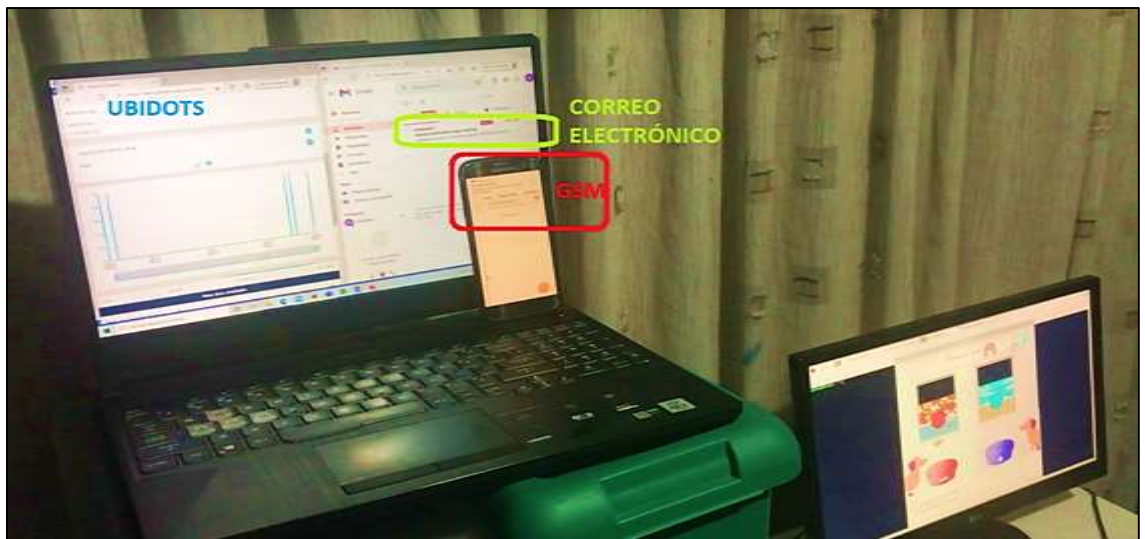


Figura 12-3: Alertas gestionadas al correo electrónico, GSM y Ubidots

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para la implementación del prototipo dosificador de alimento granulado para mascotas programable se utilizó varios equipos y materiales necesarios, a continuación, se detalla:

4.1 Análisis de costos de equipos

En la tabla 1-4, se puede apreciar el detalle de costos de los equipos empleados para la elaboración del dosificador de alimento para mascotas programable.

Tabla 1-4: Costos de equipos

| Cantidad | Descripción | Costo unitario | Costo total |
|--------------|---------------------------|----------------|------------------|
| 1 | Kit de raspberry pi3 b | \$ 100,00 | \$100,00 |
| 1 | Arduino uno | \$ 15,00 | \$ 15,00 |
| 1 | Sim800l | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| 1 | Sensor ultrasónico | \$ 8,00 | \$ 8,00 |
| 1 | Batería lipo 3.3 V | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| 1 | Monitor | \$ 100,00 | \$ 100,00 |
| 1 | Bomba | \$ 10,00 | \$ 10,00 |
| 1 | Servomotor hitec hs 755hb | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| 1 | Cámara (web) | \$ 30,00 | \$ 30,00 |
| Total | | | \$ 323,00 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

4.2 Análisis de costos de materiales

En la tabla 2-4, se puede apreciar el detalle de costos de los materiales empleados para la elaboración del dosificador de alimento para mascotas programable.

Tabla 2-4: Costos de materiales

| Cantidad | Descripción | Costo unitario | Costo total |
|--------------|------------------------|----------------|-----------------|
| 1 | Contenedores de basura | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| 1 | Recipiente de 2 litros | \$ 5,00 | \$ 5,00 |
| 1 | Aluminio | \$ 20,00 | \$ 20,00 |
| Total | | | \$ 45,00 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

4.3 Costo total del prototipo dosificador

Luego de analizar los costos de los equipos y materiales realizada en la tabla 3-4, exhibe un costo total de \$368,00, mismo que tiene características únicas y funcionales

Tabla 3-4: Costos total del prototipo dosificador

| Cantidad | Descripción | Costo unitario | Costo total |
|--------------|---------------------|----------------|------------------|
| 1 | Costo de equipos | \$ 323,00 | \$ 323,00 |
| 1 | Costo de materiales | \$ 45,00 | \$ 45,00 |
| Total | | | \$ 368,00 |

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

En el mercado se encuentran varios dispositivos similares al prototipo dosificador, sin embargo ninguno de ellos cuenta con la tecnología de reconocimiento de razas, proporcionando un gran beneficio para las personas que poseen tiempo limitado en el hogar debido a que se puede controlar remotamente.

4.4 Comparativa del prototipo dosificador implementado y dispositivos comerciales

Tabla 4-4: Comparativa del dispositivo dosificador y dispositivos comerciales

| Dispositivos | Reconocimiento de razas | Horarios de dosificación | Alarmas/ E-mail, SMS | Monitoreo remoto | Costo |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|-----------|
| Dispositivo dosificador implementado | Disponible | Disponible | Disponible | Disponible | \$ 368,00 |
| Wopet | No disponible | No disponible | No disponible | No disponible | \$ 168.88 |
| PetSafe | No disponible | Disponible | Posee envió de SMS. | Disponible | \$ 185.97 |
| Jamotolly | No disponible | Disponible | No disponible | No disponible | \$ 251.90 |

Fuente: (Petkey, 2019),(Radio, 2019),(Jamotolly, 2022).

Realizado por: Ramos V., Guanga D., 2022.

En la tabla 4-4, se detalla que los cuatro dispositivos disponen de dosificaciones por horarios, monitoreo remoto y un precio menor, en conclusión no representa una desventaja, pues los ejemplos citados son aquellos dosificadores con más recursos tecnológicos que se encuentra en el mercado, pero ninguno de ellos ofrece reconocimiento de la raza del perro.

CONCLUSIONES

- Se diseñó un prototipo dosificador de alimento granulado para mascotas que consta de un sistema de reconocimiento de razas de mascotas para definir la cantidad de alimento que se debe dosificar al mismo o su vez a través de una interfaz gráfica local se puede variar la cantidad de alimento y agua deseada y programar el horario de dosificación (máximo 6 dosificaciones). Además, el dosificador puede ser monitoreado remotamente a través de la plataforma IoT Ubidots y generar señales de alerta de niveles bajos de alimento y agua a través de mensajes de texto GSM y correo electrónico.
- Se realizó el modelado del dispensador en la herramienta CAD SolidWorks, y se validó su diseño mediante un análisis estático en las piezas que estaban expuestas a esfuerzos y se obtuvo resultados favorables en los que se indica que ninguna pieza sufrirá rupturas ni deformaciones pronunciadas.
- Mediante pruebas modificando el tamaño de la imagen de ingreso al algoritmo de detección de la raza de la mascota, se pudo determinar que mientras más grande es la imagen la probabilidad de acierto es mayor y respecto al tiempo de aplicación del algoritmo de visión no tiene mayor repercusión el tamaño de la imagen.
- De una base una base de datos de cien imágenes de perros estableciendo la presencia de 13 razas tomadas del sitio web www.kaggle.com se logró determinar que la eficiencia del modelo para el reconocimiento de la raza del perro difiere entre razas, y sobre todo en la imagen del perro, factores como calidad de imagen, color y posición definen este resultado. Además, se pudo establecer que el tiempo máximo empleado en la ejecución del modelo fue de 0,468 segundos y el mínimo de 0,375 segundos.
- Se determinó mediante pruebas que al llenar el acopio de alimento granulado a la capacidad de 800 gramos y provocar su vaciado total ofrece una eficiencia máxima del 100%, no se generó residuo.
- Se determinó que el prototipo dosifica con un margen de error en 100 pruebas realizadas a diferentes gramos de dosificación, presenta una tolerancia máxima de +/-5 gramos en

dosificación que no resulta considerable al momento de alimentar a un perro según el especialista consultado.

- Mediante las pruebas realizadas se determinó que el mecanismo seleccionado permite una dosificación de 12 gramos por segundo, adicionalmente se incorporó al prototipo un sistema de dosificación de agua basado en una bomba la que sometida a pruebas estableció una dosificación de 12 mililitros por segundo.
- Se validó la comunicación remota del dosificador a la plataforma de IoT mediante el monitoreo de mensajes generados desde la Raspberry Pi3 que controla el prototipo y mensajes recibidos en Ubidots, estableciendo una eficiencia del 97,07%.
- Se consiguió obtener dos modos de gestión de señales de alerta una bajo la tecnología GSM y otra por avisos a un correo electrónico específico, obteniendo mediante pruebas respectivamente el tiempo de respuesta de 3 segundos y 2 segundos de retraso a la señal emitida desde el dispensador.

RECOMENDACIONES

- Al generar las pruebas de vaciado verificar los residuos en el acopio ya que no se optimiza la dosificación de todo el alimento
- Incorporar un actuador agitador para poder movilizar el alimento estancado, o a su vez probar con acopios en formas diferentes.
- Para dotar de autonomía total se podría anexar un sistema de auto llenado del acopio, o a su vez modificar la estructura para incluir un acopio de mayor capacidad.
- Incorporar nuevas funcionalidades al prototipo para poder incluir en la alimentación de la mascota posiblemente medicamentos o vitaminas.
- El sistema de control empleado para el manejo del dispensador se implementó en base a tarjetas y módulos *Shields*, se puede trabajar sobre un sistema embebido que condense todos los recursos y optimizar volumen y funcionalidad.
- Estos dispositivos detecten razas comunes para que sean incorporados en lugares estratégicos para perros callejeros , mediante la codificación del algoritmo para que detecte la raza y determine el tamaño del animal y calcule su peso para según ese dato determinar la cantidad exacta de alimento para el caso específico.

BIBLIOGRAFÍA

ABARCA JIMÉNEZ, Griselda Stephany; et al. *Sensores y actuadores*. [ed.] Javier CALLEJAS. Primera. México : GRUPO EDITORIAL PATRIA, 2014. pág. 317. 978-607-438-936-4.

ALARCÓN, Isabel. El perro callejero tiene sed y hambre. ¿Quién lo alimenta? *El Comercio*. [En línea] 2015. [Citado el: 06 de Febrero de 2022.] <https://www.elcomercio.com/actualidad/perro-callejero-comedog-quitumbe.html>.

ALIBABA. Automatic Pet Feeder. *Alibaba*. [En línea] 2022. [Citado el: 01 de Enero de 2022.] https://www.alibaba.com/trade/search?IndexArea=product_en&SearchText=Automatic_Pet_Feeder&tab=custom&f0=y&pricef=100&pricet=.

AMAZON. Dosificador de alimento electrónico. *Amazon*. [En línea] 2019. [Citado el: 01 de Febrero de 2022.] <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.amazon.com%2F-%2Fes%2FAlimentador-autom%25C3%25A1tico-mascotas-alimentos-programable%2Fdp%2FB07TNHP85G&psig=AOvVaw0ixJ12Q9PWpTYUY-wlry94&ust=1649070366009000&source=images&cd=vfe&ved=0CAwQjhxFwoTCPDE1>.

AMAZON. Dosificador de alimento gravitacional. *Amazon*. [En línea] 2020b. [Citado el: 04 de Agosto de 2021.] https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/816HYMI06cL._AC_SL1500_.jpg.

ARDUINO. Tarjeta de desarrollo Arduino. *Arduino*. [En línea] 2021a. [Citado el: 20 de Agosto de 2021.] <https://arduino.cl/que-es-arduino/>.

AULA 21. Qué es un Servomotor y para qué sirve. *Aula 21*. [En línea] 2020. [Citado el: 14 de Agosto de 2021.] <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-servomotor/>.

BUHIGAS, Javier. Todo lo que necesitas saber sobre TensorFlow, la plataforma para Inteligencia Artificial de Google. *Puentes Digitales*. [En línea] 2018. [Citado el: 20 de Febrero de 2022.] <https://puentesdigitales.com/2018/02/14/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-tensorflow-la-plataforma-para-inteligencia-artificial-de-google/>.

BUYYA, Rajkumar; & VAHID, Amir. *Internet de las Cosas-Principios y paradigmas*. Amsterdam : ELSEVIER, 2016. 9780128093474.

CARLETTI, Eduardo. Sensores – Conceptos generales – Descripción y funcionamiento. *Robots-argentina*. [En línea] 2020. [Citado el: 18 de Agosto de 2021.] <http://robots-argentina.com.ar/didactica/sensores-conceptos-generales-descripcion-y-funcionamiento/>.

CASTILLO LOZADA, Alejandra de los Ángeles. Implementación de un sistema automatizado para la selección y dosificación de alimentos para perros en el hogar. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. [En línea] 2017. [Citado el: 02 de Febrero de 2022.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8959>.

CHIMARRO VILLALBA, Edder Paúl. Diseño y construcción de un sistema prototipo que dispensa alimento para perros, controlado y monitoreado mediante un dispositivo android. *Universidad de Israel*. [En línea] 2016. [Citado el: 30 de Enero de 2022.] <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/1256/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-34.pdf>.

COULOURIS, George; et al. *Sistemas distribuidos. Conceptos y diseño*. s.l. : Addison Wesley, 2003. pág. 726. 9788478290499.

DÁVILA PAREDES, Lenin Patricio; & PALLO NOROÑA, Juan Pablo. Sistema electrónico automático de alimentación para mascotas en el hogar. *Uta*. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30751>.

DÍAZ VIDELA, Marcos. ¿Qué es una mascota? Objetos y miembros de la familia. *Scielo*. [En línea] 2017. [Citado el: 01 de Agosto de 2021.] http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-21612017000100004. 2077-2161.

ECURED. Sensor inductivo. *EcuRed*. [En línea] 2020. [Citado el: 19 de Agosto de 2021.] https://www.ecured.cu/Sensor_inductivo.

EL COMERCIO. Una buena alimentación. *El Comercio*. [En línea] 2016. [Citado el: 25 de Enero de 2022.] <https://www.elcomercio.com/narices-frias/cantidad-alimentacion-perros-mascotas-salud.html>.

EL UNIVERSO. Tener una nueva mascota en la casa. *El Universo*. [En línea] 2022. [Citado el: 25 de 01 de 2022.] <https://www.eluniverso.com/larevista/orientacion/mascota-nueva-en-casa-responsabilidades-con-el-nuevo-miembro-de-la-familia-nota/>.

ELECTRÓNICA CARIBE. Módulo relé 5v de 2 canales. *Electrónica Caribe*. [En línea] 2020. [Citado el: 20 de Febrero de 2022.] <https://electronicacaribe.com/product/modulo-rele-5v-2-canal/>.

FERNÁNDEZ, Sergio. Dispensador de comida para perros: ¿Cuál es el mejor del 2022? *Sincable*. [En línea] 04 de Noviembre de 2020. [Citado el: 04 de Agosto de 2021.] <https://www.sincable.mx/dispensador-de-comida-para-perros/>.

FUENTES, María. Sensores y transductores. *Eudim*. [En línea] 2018. [Citado el: 10 de Febrero de 2022.] http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf.

GARCÍA, Antony. ¿Qué es y cómo funciona un servomotor? *Panamahitek*. [En línea] 2016. [Citado el: 17 de Febrero de 2022.] <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>.

GARCÍA, Olga. Cuidados básicos para los animales de compañía (perros y gatos). *Madrid Salud*. [En línea] 2018. [Citado el: 25 de Enero de 2022.] <https://madridsalud.es/cuidados-basicos-para-los-animales-de-compania-perros-y-gatos/>.

GEEKFACTORY. Sensor ultrasónico. *Geekfactory*. [En línea] 2020. [Citado el: 24 de Agosto de 2021.] https://www.geekfactory.mx/wp-content/uploads/2014/05/como_funciona_el_sensor_hc_sr04.jpg.

GÓMEZ, Leonardo; et al. La influencia de las mascotas en la vida humana. *Scielo*. [En línea] 2007. [Citado el: 25 de Enero de 2022.] <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v20n3/v20n3a16.pdf>.

GÓMEZ, Rodolfo. Internet de las cosas: Futuro y desafío para la epidemiología y la salud pública. *Udenar*. [En línea] 2019. [Citado el: 15 de Febrero de 2022.] <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/3628/5450>.

GONZÁLEZ, Rogelio; & PICAZO, Francisco. Dispensador automático de croquetas para perros. *Universidad Nacional Autónoma de México*. [En línea] 2014. [Citado el: 26 de Enero de 2022.] <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/5764>.

GONZÁLEZ VERGARA, Sergio Alberto. Tecnología Bluetooth. *Instituto Politécnico Nacional*. [En línea] 2008. [Citado el: 11 de Febrero de 2022.] <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/6868/ICE%20SC%20175.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

GONZÁLEZ, Ana; et al. Técnicas y algoritmos básicos de Visión Artificial. *Universidad de la Rioja*. [En línea] 2006. [Citado el: 17 de Febrero de 2022.] <https://publicaciones.unirioja.es/catalogo/online/VisionArtificial.pdf>. 84-689-9345-X.

GONZÁLEZ, Geussepe; & SILVA, Felipe. Diseño e implementación de una Tarjeta de Desarrollo con profundización en desarrollo de aplicación de Touch Sensing. *Laccei*. [En línea]

2013. [Citado el: 07 de Febrero de 2022.] <https://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP157.pdf>.

GONZÁLEZ, Oscar. Modelos y características de Arduino. *BricoGeek*. [En línea] 2020. [Citado el: 08 de Agosto de 2021.] <https://blog.bricogeek.com/noticias/arduino/como-comenzar-con-arduino---modelos-y-caracteristicas/>.

GUEVARA, Daniela; & GUACA, Jorge. Dispensador mascotas club controlado remotamente desde la web. *Fundación Universitaria Los Libertadores*. [En línea] 2017. [Citado el: 30 de Enero de 2022.] <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1454/guevaradaniela2017.pdf?se>.

GUZMÁN LÓPEZ, Oscar Jefferson; & GARCÍA CARRILLO, Mario Geovanni. Sistema automatizado para corte por plasma para la empresa Invenios 3D. *Universidad Técnica de Ambato*. [En línea] 2019. [Citado el: 09 de Febrero de 2022.] <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29895>.

HERNÁNDEZ BOADA, Joseph Gustavo; & AYALA BAÑO, Elizabeth Paulina. Sistema de monitoreo GPS para los vehículos de la Escuela de capacitación para conductores profesionales de Píllaro. *Universidad Técnica de Ambato*. [En línea] 2019. [Citado el: 20 de Febrero de 2022.] <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30083>.

ICAZA, Daniel; & GABINO, Tito. Dispensador Autoomático de alimento para mascotas. *Revista Digital*. [En línea] 2017. [Citado el: 03 de Febrero de 2022.] <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/download/75/55/225>.

JUNTA DE ANDALUCIA. Estreuctura interna de un motor de corriente DC. *Junta de andalucia*. [En línea] 2020. [Citado el: 17 de Agosto de 2021.] https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/29/html/Motores%20de%20corriente%20continua_archivos/iman.es.jpg.

KEYENCE. Sensor ultrasónico. *Keyence*. [En línea] 2020. [Citado el: 22 de Agosto de 2021.] <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/#:~:text=Los%20sensores%20ultras%C3%B3nicos%20miden%20la%20distancia%20al%20objeto%20contando%20el,la%20emisi%C3%B3n%20como%20la%20recepci%C3%B3n..>

LEÓN QUENGUAN, John David; & RUEDA ALMARIO, Daniel. Dispensador automático de comida para mascotas, programable y controlado remotamente. *Univalle*. [En línea] 2013. [Citado el: 02 de Agosto de 2021.] <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9148/CB-0527751.pdf;jsessionid=844942347AF8F1F967BAEB9554AC426C?sequence=1>.

LÓPEZ, José María. Instalar software en tu Raspberry, más fácil todavía con Raspberry Pi Imager. *Hipertextual*. [En línea] 2020. [Citado el: 07 de Agosto de 2021.] <https://hipertextual.com/2020/04/instalar-software-microsd-raspberry-pi-imager>.

MARTÍNEZ MORENO, Francisco José. Diseño e implementación de un sistema de alarma IoT basada en tecnologías Open Source. *Universidad politécnica de Cartagena*. [En línea] 2019. [Citado el: 05 de Septiembre de 2021.] <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/8000/tfm-mar-dis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

N9. Dosificador de alimento gravitacional por apertura y cierre de compuerta. *N9*. [En línea] 2020. [Citado el: 04 de Febrero de 2020.] <https://n9.cl/ljh4>.

NAVACERRADA, Jorge. Sistema de detección de matrículas con Open CV. *Universidad Politécnica de Madrid*. [En línea] 2017. [Citado el: 17 de Febrero de 2022.] https://oa.upm.es/51869/1/TFG_JORGE_NAVACERRADA.pdf.

NOLES MALUCÍN, José Oswaldo; & PILLACELA FERNÁNDEZ, Milton Mauricio. Desarrollo óptimo de un dispensador automatizado de comida para mascotas domésticas. *Univeridad Politecnica Salesiana*. [En línea] 2020. [Citado el: 27 de Enero de 2022.] <https://dspac.e.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19384/1/UPS-CT008857.pdf>.

ORTIZ, D; & ZAMBRANO, D. Diseño de un sistema de dosificación volumétrica para jabón en polvo. *Universidad de América*. [En línea] 2017. [Citado el: 02 de Febrero de 2022.] <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/927/1/4092201-2017-1-IM.pdf>.

PAZMINO RODRÍGUEZ, Pablo Adrian. Dispensador de alimentos para mascotas programable desde una aplicación en el teléfono móvil. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. [En línea] 2018. [Citado el: 29 de Enero de 2022.] <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/10926/1/98T00223.pdf>.

PÉREZ, Challenger. El lenguaje de programación Python. *Ciencias Holguin*. [En línea] 2014. [Citado el: 29 de Agosto de 2021.] <http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/826/872>.

PHYTONMANIA. Introducción a la programación de videojuegos. *Pythonmania*. [En línea] 2010. [Citado el: 26 de Febrero de 2022.] https://platzi.com/backend-python/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=15353848701&utm_adgroup=131763673602&utm_content=564317118866&gclid=Cj0KCQiAw9qOBhC-ARIsAG-rdn5qf_Rm_j9nH0FhGkl6deTuP1wmoQJBMAWfYyyqVs3twgxA-_IbA9QaAjt4EALw_wcB&gclid=aw.ds.

PINEDO, Carolina. La alimentación del perro y del gato: seis diferencias frente al plato. *Consumer*. [En línea] 2014. [Citado el: 09 de Septiembre de 2021.] <https://www.consumer.es/mascotas/la-alimentacion-del-perro-y-del-gato-seis-diferencias-frente-al-plato.html>.

PPRAKAS. Dispensadores de agua fría y fuentes. *Pprakas*. [En línea] 2021. [Citado el: 19 de Febrero de 2022.] https://www.pprakashgc.com/index.php?main_page=product_info&products_id=492435..

PROGRAMADOR CLIC. Machine Learning 17: métodos y prácticas para realizar el aumento de datos de imágenes con Keras. *Programador Clic*. [En línea] 2021. [Citado el: 21 de Febrero de 2022.] <https://programmerclick.com/article/85001265460/>.

RASPBERRY PI. Tarjeta de desarrollo Raspberry PI. *Raspberry*. [En línea] 2018. [Citado el: 06 de Agosto de 2021.] <https://www.raspberrypi.org..>

RODRÍGUEZ POZUETA, Miguel Angel. Máquinas de corriente continua. *Unican*. [En línea] 2017. [Citado el: 16 de Agosto de 2021.] <https://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/Maquinas%20cc.pdf>.

RS COMPONENTS. Internet de las cosas. *RS Components*. [En línea] 2020. [Citado el: 01 de Septiembre de 2021.] <https://es.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=i/iot-internet-of-things>.

SALAZAR, Jordi. Redes inalámbricas. *Upcommons*. [En línea] 2017. [Citado el: 11 de Mayo de 2021.] https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf.

SANDOROBOTICS. Servomotor HS755HB. *Sandorobotics*. [En línea] 2019. [Citado el: 18 de Febrero de 2022.] [https://sandorobotics.com/producto/hs-705hb/..](https://sandorobotics.com/producto/hs-705hb/)

SAWAKINOME. ¿Cuál es la diferencia entre Java y Python? *Sawakinome*. [En línea] 2021. [Citado el: 05 de Septiembre de 2021.] <https://es.sawakinome.com/articles/technology/what-is-the-difference-between-java-and-python.html>.

SEPIA. Sensor capacitivo. *Sepia*. [En línea] 2020. [Citado el: 20 de Agosto de 2021.] <https://www.sepia.mx/wp-content/uploads/2020/07/sabe-como-funcionan-los-sensores-capacitivos-1.png>.

SLIDESHARE. Sensor infrarrojo. *Slideshare*. [En línea] 2020. [Citado el: 21 de Agosto de 2021.] <https://image.slidesharecdn.com/detectoresdeproximidad-110328095739-phpapp02/95/detectores-de-proximidad-5-728.jpg?cb=1301306322>.

STACK IMGUR. Estructura interna de un motor paso a paso. *Stack Imgur*. [En línea] 2020. [Citado el: 11 de Agosto de 2021.] <https://i.stack.imgur.com/SK7K3.jpg>.

THOMSOM REUTERS STREETEVNTS. Cámara Philips SPZ2500. *Philips*. [En línea] 2011. [Citado el: 17 de Febrero de 2022.] <https://www.results.philips.com/publications/q211/downloads/files/en/philips-second-quarter-results-2011-transcript.pdf?v=20210413151132>.

TME ELECTRONIC COMPONENTS. Motor paso a paso - Tipos y ejemplos del uso. *TME*. [En línea] 2020. [Citado el: 12 de Agosto de 2021.] <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/>.

TODOELECTRODO. Motor servo. *TodoElectrodo*. [En línea] 2016. [Citado el: 15 de Agosto de 2021.] <http://todoelectrodo.blogspot.com/2013/02/servomotor.html>.

VALDEZ ALVARADO, Aldo Ramiro. Plataformas IoT Open Source. *Slideshare*. [En línea] 2018. [Citado el: 04 de Septiembre de 2021.] <https://es.slideshare.net/AldoRamiro/plataformas-iot-open-source>.

VÉLEZ SERRANO, José Francisco; et al. Visión Artificial. *Researchgate*. [En línea] 2003. [Citado el: 16 de Febrero de 2022.] https://www.researchgate.net/profile/Jose-Velez-13/publication/31759521_Vision_por_computador_JF_Velez_Serrano_et_al/links/02e7e518f5cc043bb0000000/Vision-por-computador-JF-Velez-Serrano-et-al.pdf.

VILLALBA LINARES, Claudia Ximena; & MORALES GALARZA, Néstor Javier. Dispensador de comida para canes de uso doméstico. *Universidad San Buenaventura*. [En línea] 2007. [Citado el: 28 de Enero de 2022.] <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/41058.pdf>.

WHEELER, Dan. Las ventajas y las desventajas del GSM. *Geniolandia*. [En línea] 2018. [Citado el: 03 de Septiembre de 2021.] <https://www.geniolandia.com/13182220/las-ventajas-y-las-desventajas-del-gsm>.

ANEXOS

ANEXO A: BASE DE DATOS DE CANTIDADES RECOMENDADAS DE ALIMENTO SEGÚN LA RAZA

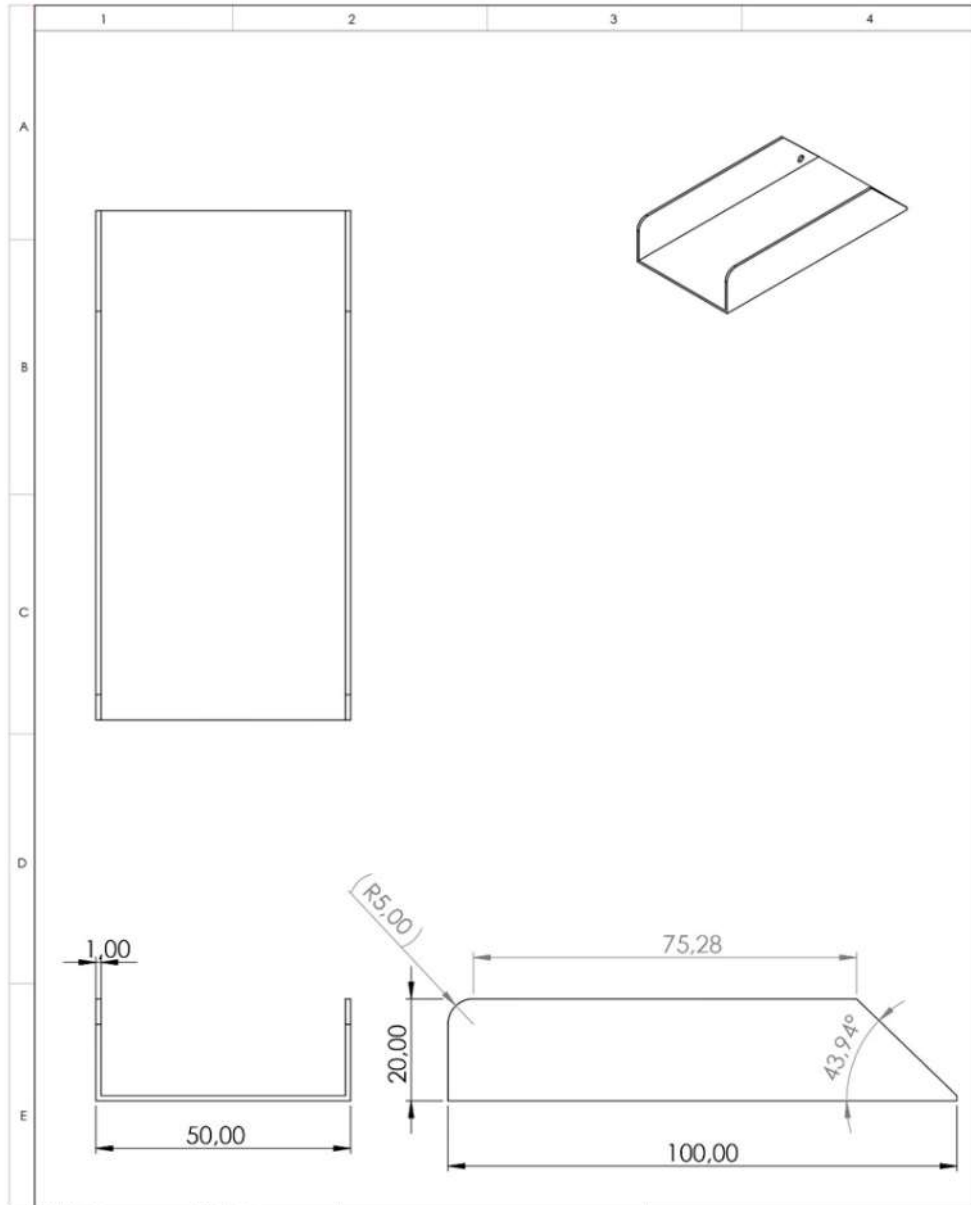
| Num | Nombre de la Raza | Peso | | Cantidad Alimento Diario (gramos) | | | Cant. Agua (mililitros) |
|-----|--------------------------------|------|-----|-----------------------------------|-------|------|-------------------------|
| | | Min. | Max | Min | Prom. | Max. | |
| 1 | Affenpinscher | 3 | 6 | 60 | 90 | 120 | 70 |
| 2 | Afghan hound | 26 | 34 | 520 | 600 | 680 | 450 |
| 3 | Airedale terrier | 23 | 29 | 460 | 520 | 580 | 390 |
| 4 | Akita | 45 | 59 | 900 | 1040 | 1180 | 780 |
| 5 | Alaskan malamute | 30 | 40 | 600 | 700 | 800 | 530 |
| 6 | American eskimo dog | 8 | 16 | 160 | 240 | 320 | 180 |
| 7 | American foxhound | 29 | 34 | 580 | 630 | 680 | 470 |
| 8 | American Staffordshire terrier | 18 | 25 | 360 | 430 | 500 | 320 |
| 9 | American water spaniel | 14 | 20 | 280 | 340 | 400 | 260 |
| 10 | Anatolian shepherd dog | 41 | 68 | 820 | 1090 | 1360 | 820 |
| 11 | Australian cattle dog | 14 | 18 | 280 | 320 | 360 | 240 |
| 12 | Australian shepherd | 25 | 32 | 500 | 570 | 640 | 430 |
| 13 | Australian terrier | 6 | 8 | 120 | 140 | 160 | 110 |
| 14 | Basenji | 10 | 12 | 200 | 220 | 240 | 170 |
| 15 | Basset hound | 25 | 34 | 500 | 590 | 680 | 440 |
| 16 | Beagle | 10 | 11 | 200 | 210 | 220 | 160 |
| 17 | Bearded collie | 14 | 20 | 280 | 340 | 400 | 260 |
| 18 | Beauceron | 32 | 45 | 640 | 770 | 900 | 580 |
| 19 | Bedlington terrier | 7 | 10 | 140 | 170 | 200 | 130 |
| 20 | Belgian malinois | 25 | 30 | 500 | 550 | 600 | 410 |
| 21 | Belgian sheepdog | 24 | 30 | 480 | 540 | 600 | 410 |
| 22 | Belgian tervuren | 26 | 32 | 520 | 580 | 640 | 440 |
| 23 | Bernese mountain dog | 35 | 55 | 700 | 900 | 1100 | 680 |
| 24 | Bichon frise | 6 | 7 | 120 | 130 | 140 | 100 |
| 25 | Black and tan coonhound | 29 | 34 | 580 | 630 | 680 | 470 |
| 26 | Black russian terrier | 45 | 60 | 900 | 1050 | 1200 | 790 |
| 27 | Bloodhound | 41 | 50 | 820 | 910 | 1000 | 680 |
| 28 | Bluetick coonhound | 25 | 36 | 500 | 610 | 720 | 460 |
| 29 | Border collie | 14 | 20 | 280 | 340 | 400 | 260 |
| 30 | Border terrier | 5 | 8 | 100 | 130 | 160 | 100 |
| 31 | Borzoi | 34 | 47 | 680 | 810 | 940 | 610 |
| 32 | Boston terrier | 5 | 11 | 100 | 160 | 220 | 120 |
| 33 | Bouvier des flandres | 35 | 40 | 700 | 750 | 800 | 560 |
| 34 | Boxer | 27 | 32 | 540 | 590 | 640 | 440 |
| 35 | Boykin spaniel | 14 | 18 | 280 | 320 | 360 | 240 |
| 36 | Briard | 27 | 41 | 540 | 680 | 820 | 510 |
| 37 | Brittany | 14 | 18 | 280 | 320 | 360 | 240 |
| 38 | Brussels griffon | 3 | 5 | 60 | 80 | 100 | 60 |

| | | | | | | | |
|----|-------------------------------|----|----|------|------|------|-----|
| 39 | Bull terrier | 25 | 33 | 500 | 580 | 660 | 440 |
| 40 | Bulldog | 18 | 26 | 360 | 440 | 520 | 330 |
| 41 | Bullmastiff | 50 | 59 | 1000 | 1090 | 1180 | 820 |
| 42 | Cairn terrier | 6 | 8 | 120 | 140 | 160 | 110 |
| 43 | Canaan dog | 20 | 25 | 400 | 450 | 500 | 340 |
| 44 | Cane corso | 45 | 50 | 900 | 950 | 1000 | 710 |
| 45 | Cardigan welsh corgi | 14 | 17 | 280 | 310 | 340 | 230 |
| 46 | Cavalier king charles spaniel | 5 | 9 | 100 | 140 | 180 | 110 |
| 47 | Chesapeake bay retriever | 30 | 36 | 600 | 660 | 720 | 500 |
| 48 | Chihuahua | 1 | 3 | 20 | 40 | 60 | 30 |
| 49 | Chinese crested | 2 | 5 | 40 | 70 | 100 | 50 |
| 50 | Chinese shar-pei | 25 | 29 | 500 | 540 | 580 | 410 |
| 51 | Chow chow | 20 | 28 | 400 | 480 | 560 | 360 |
| 52 | Clumber spaniel | 32 | 39 | 640 | 710 | 780 | 530 |
| 53 | Cocker spaniel | 11 | 15 | 220 | 260 | 300 | 200 |
| 54 | Collie | 14 | 20 | 280 | 340 | 400 | 260 |
| 55 | Curly-coated retriever | 32 | 41 | 640 | 730 | 820 | 550 |
| 56 | Dachshund | 8 | 16 | 160 | 240 | 320 | 180 |
| 57 | Dalmatian | 14 | 30 | 280 | 440 | 600 | 330 |
| 58 | Dandie dinmont terrier | 8 | 11 | 160 | 190 | 220 | 140 |
| 59 | Doberman pinscher | 40 | 45 | 800 | 850 | 900 | 640 |
| 60 | Dogue de bordeaux | 54 | 65 | 1080 | 1190 | 1300 | 890 |
| 61 | English cocker spaniel | 12 | 16 | 240 | 280 | 320 | 210 |
| 62 | Golden retriever | 30 | 34 | 600 | 640 | 680 | 480 |
| 63 | English springer spaniel | 22 | 25 | 440 | 470 | 500 | 350 |
| 64 | English toy spaniel | 3 | 7 | 60 | 100 | 140 | 80 |
| 65 | Entlebucher mountain dog | 22 | 30 | 440 | 520 | 600 | 390 |
| 66 | Field spaniel | 14 | 20 | 280 | 340 | 400 | 260 |
| 67 | Finnish spitz | 12 | 16 | 240 | 280 | 320 | 210 |
| 68 | Flat-coated retriever | 27 | 36 | 540 | 630 | 720 | 470 |
| 69 | French bulldog | 9 | 13 | 180 | 220 | 260 | 170 |
| 70 | German pinscher | 11 | 20 | 220 | 310 | 400 | 230 |
| 71 | German shepherd dog | 30 | 40 | 600 | 700 | 800 | 530 |
| 72 | German shorthaired pointer | 25 | 32 | 500 | 570 | 640 | 430 |
| 73 | German wirehaired pointer | 27 | 32 | 540 | 590 | 640 | 440 |
| 74 | Giant schnauzer | 26 | 40 | 520 | 660 | 800 | 500 |
| 75 | Glen of imaal terrier | 14 | 18 | 280 | 320 | 360 | 240 |
| 76 | English setter | 29 | 36 | 580 | 650 | 720 | 490 |
| 77 | Gordon setter | 25 | 34 | 500 | 590 | 680 | 440 |
| 78 | Great dane | 45 | 75 | 900 | 1200 | 1500 | 900 |
| 79 | Great pyrenees | 40 | 54 | 800 | 940 | 1080 | 710 |
| 80 | Greater swiss mountain dog | 60 | 70 | 1200 | 1300 | 1400 | 980 |
| 81 | Greyhound | 27 | 40 | 540 | 670 | 800 | 500 |
| 82 | Havanese | 4 | 8 | 80 | 120 | 160 | 90 |
| 83 | Ibizan hound | 18 | 32 | 360 | 500 | 640 | 380 |
| 84 | Icelandic sheepdog | 9 | 14 | 180 | 230 | 280 | 170 |

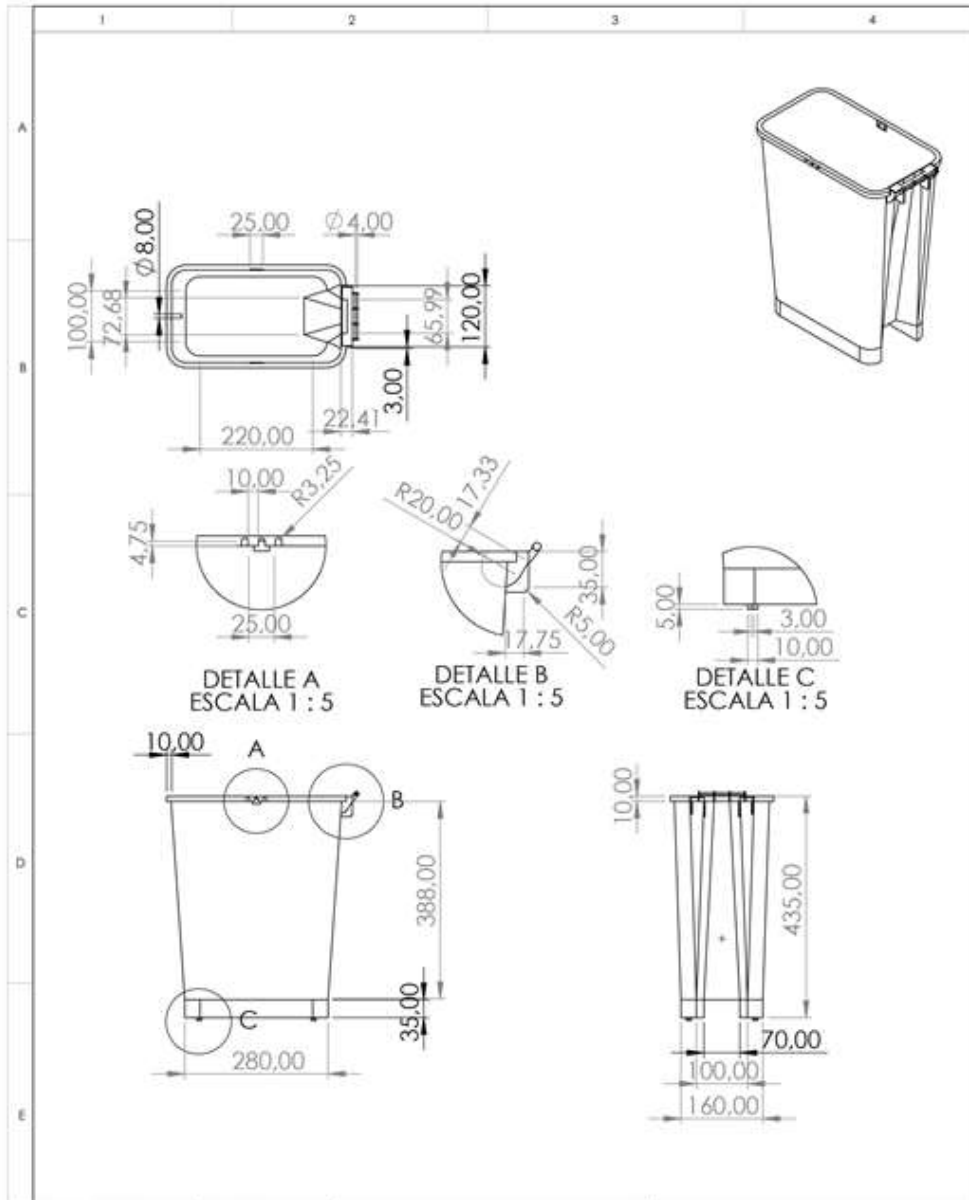
| | | | | | | | |
|-----|------------------------------------|----|----|------|------|------|------|
| 85 | Irish red and White setter | 28 | 34 | 560 | 620 | 680 | 470 |
| 86 | Irish setter | 26 | 32 | 520 | 580 | 640 | 440 |
| 87 | Irish terrier | 10 | 12 | 200 | 220 | 240 | 170 |
| 88 | Irish water spaniel | 25 | 30 | 500 | 550 | 600 | 410 |
| 89 | Irish wolfhound | 50 | 60 | 1000 | 1100 | 1200 | 830 |
| 90 | Italian greyhound | 3 | 5 | 60 | 80 | 100 | 60 |
| 91 | Japanese chin | 1 | 7 | 20 | 80 | 140 | 60 |
| 92 | Keeshond | 14 | 18 | 280 | 320 | 360 | 240 |
| 93 | Kerry blue terrier | 15 | 18 | 300 | 330 | 360 | 250 |
| 94 | Komondor | 50 | 60 | 1000 | 1100 | 1200 | 830 |
| 95 | Labrador retriever | 25 | 36 | 500 | 610 | 720 | 460 |
| 96 | Lakeland terrier | 6 | 8 | 120 | 140 | 160 | 110 |
| 97 | Kuvasz | 45 | 52 | 900 | 970 | 1040 | 730 |
| 98 | Leonberger | 50 | 77 | 1000 | 1270 | 1540 | 950 |
| 99 | Lhasa_apso | 6 | 8 | 120 | 140 | 160 | 110 |
| 100 | Lowchen | 5 | 8 | 100 | 130 | 160 | 100 |
| 101 | Maltese | 1 | 4 | 20 | 50 | 80 | 40 |
| 102 | Manchester terrier | 5 | 10 | 100 | 150 | 200 | 110 |
| 103 | Mastiff | 60 | 80 | 1200 | 1400 | 1600 | 1050 |
| 104 | Miniature schnauzer | 5 | 8 | 100 | 130 | 160 | 100 |
| 105 | Neapolitan mastiff | 60 | 70 | 1200 | 1300 | 1400 | 980 |
| 106 | Newfoundland | 55 | 70 | 1100 | 1250 | 1400 | 940 |
| 107 | Norfolk terrier | 4 | 6 | 80 | 100 | 120 | 80 |
| 108 | Norwegian buhund | 14 | 18 | 280 | 320 | 360 | 240 |
| 109 | Norwegian elkhound | 22 | 25 | 440 | 470 | 500 | 350 |
| 110 | Norwegian lundehund | 6 | 10 | 120 | 160 | 200 | 120 |
| 111 | Norwich terrier | 4 | 6 | 80 | 100 | 120 | 80 |
| 112 | Nova scotia duck tolling retriever | 20 | 23 | 400 | 430 | 460 | 320 |
| 113 | Old english sheepdog | 32 | 45 | 640 | 770 | 900 | 580 |
| 114 | Otterhound | 41 | 50 | 820 | 910 | 1000 | 680 |
| 115 | Papillon | 3 | 5 | 60 | 80 | 100 | 60 |
| 116 | Parson Russell terrier | 5 | 8 | 100 | 130 | 160 | 100 |
| 117 | Pekingese | 3 | 7 | 60 | 100 | 140 | 80 |
| 118 | Pembroke welsh corgi | 10 | 13 | 200 | 230 | 260 | 170 |
| 119 | Petit basset griffon vendeen | 15 | 20 | 300 | 350 | 400 | 260 |
| 120 | Pharaoh hound | 18 | 27 | 360 | 450 | 540 | 340 |
| 121 | Plott | 23 | 27 | 460 | 500 | 540 | 380 |
| 122 | Pointer | 25 | 34 | 500 | 590 | 680 | 440 |
| 123 | Pomeranian | 2 | 4 | 40 | 60 | 80 | 50 |
| 124 | Poodle | 12 | 20 | 240 | 320 | 400 | 240 |
| 125 | Portuguese water dog | 19 | 27 | 380 | 460 | 540 | 350 |
| 126 | Saint bernard | 64 | 82 | 1280 | 1460 | 1640 | 1100 |
| 127 | Silky terrier | 3 | 8 | 60 | 110 | 160 | 80 |
| 128 | Smooth fox terrier | 7 | 9 | 140 | 160 | 180 | 120 |
| 129 | Tibetan mastiff | 48 | 82 | 960 | 1300 | 1640 | 980 |
| 130 | Welsh springer spaniel | 18 | 25 | 360 | 430 | 500 | 320 |

| | | | | | | | |
|-----|-----------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 131 | Wirehaired pointing griffon | 23 | 27 | 460 | 500 | 540 | 380 |
| 132 | Xoloitzcuintli | 2 | 9 | 40 | 110 | 180 | 80 |
| 133 | Yorkshire terrier | 3 | 5 | 60 | 80 | 100 | 60 |

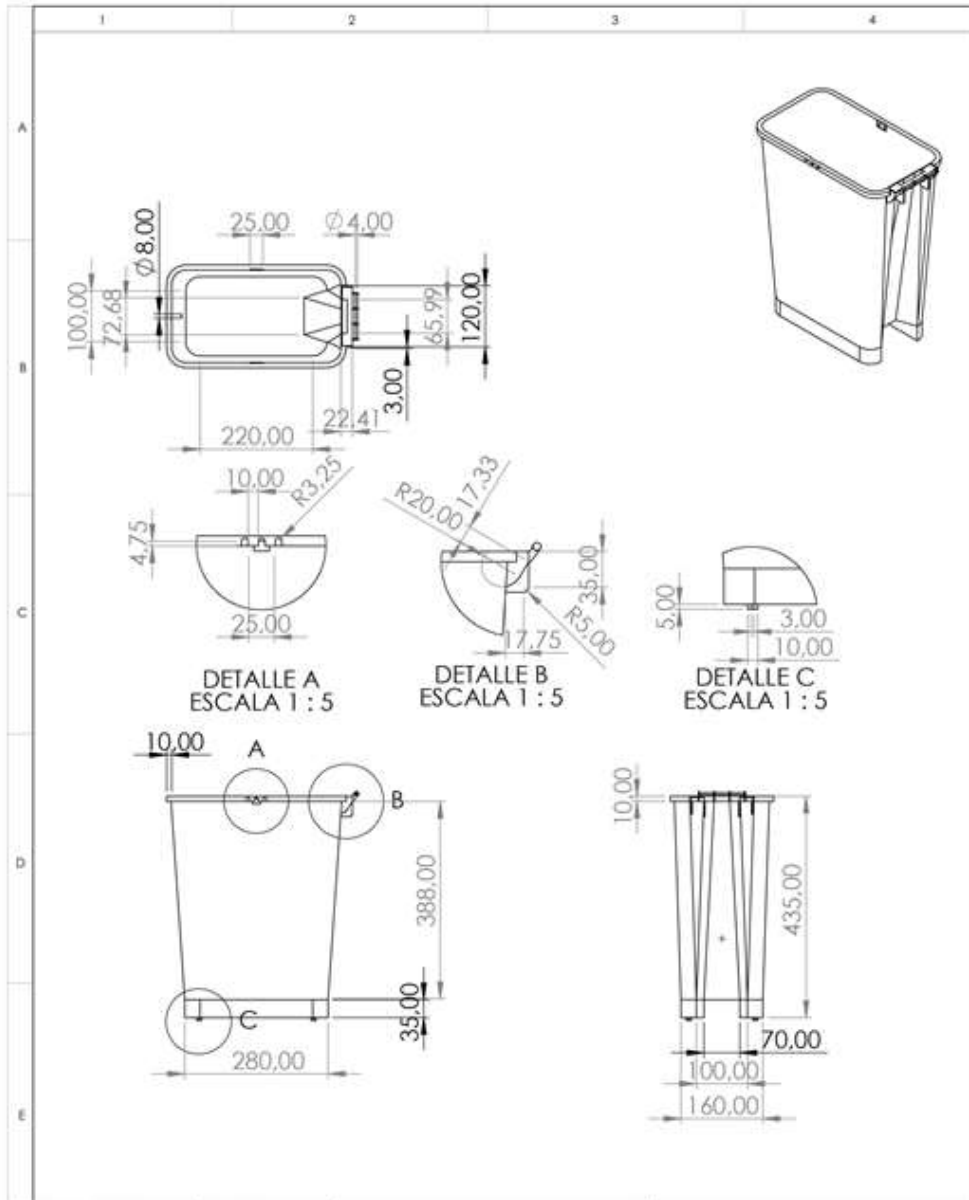
ANEXO B: LÁMINAS DE PLANOS DE PIEZAS DEL DISPENSADOR



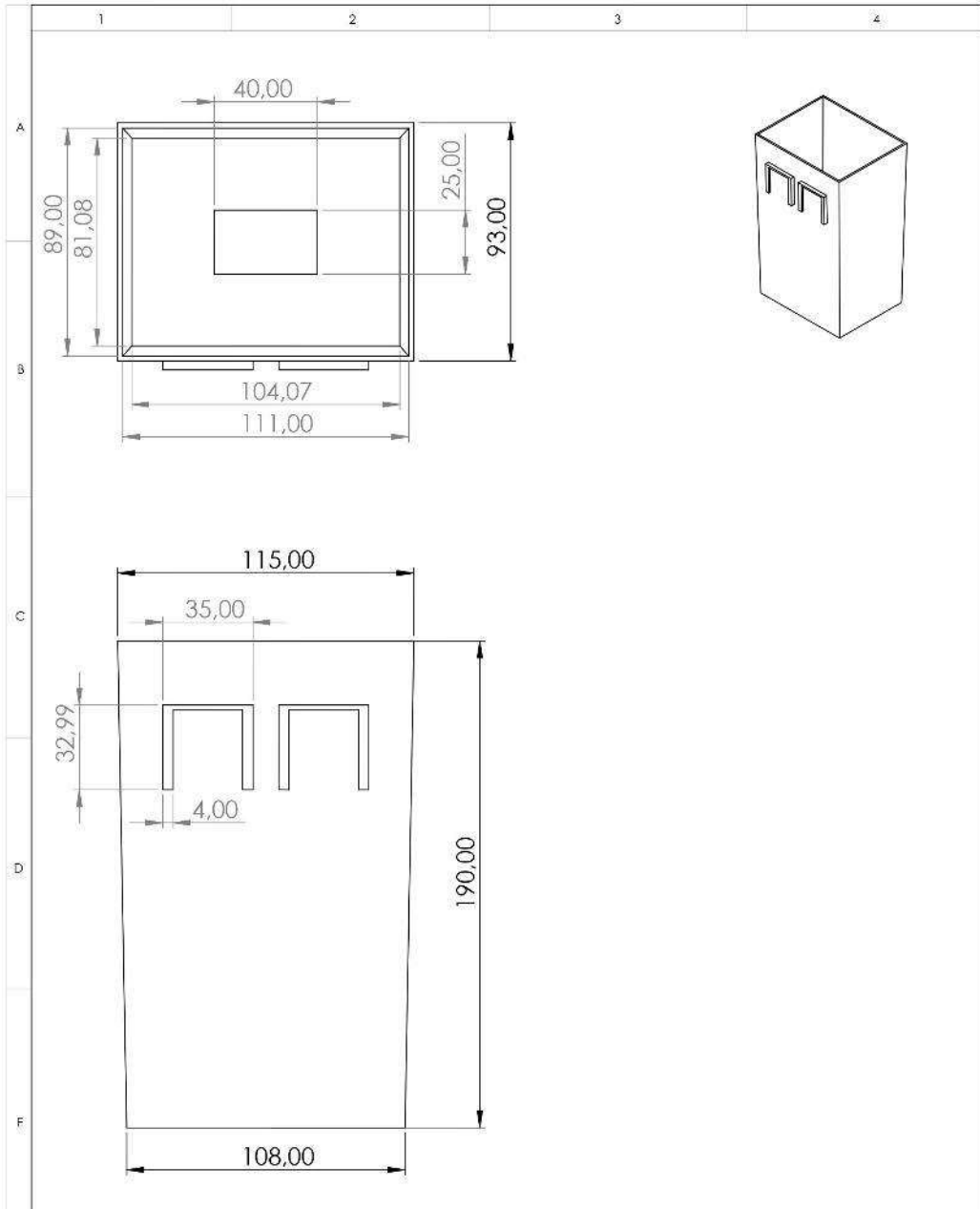
| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------|---------------|-------|---------------|--|--|--|--|--|-----------|------------|--------|----------|
| Hoja de lámina | | Hoja de hoja: | | Denominación: | | ESPOCH ELECTRÓNICA INGENIERÍA | | | | | | | |
| | | 13 de 13 | | Túnel | | | | | | Peso (Kg) | Tolerancia | Escala | Registro |
| Sustitución: | | | | | | <table border="1"> <tr> <td></td> <td>±</td> <td>1:2</td> <td></td> </tr> </table> | | | | | ± | 1:2 | |
| | ± | 1:2 | | | | | | | | | | | |
| Datos | Nombre | Código | Fecha | Materiales: | | Codificación | | | | | | | |
| Dibujó | Ramos V | | | | | | | | | | | | |
| Proyectó | Guanga D | | | | | | | | | | | | |
| Revisó | Ing. Gordon J | | | | | | | | | | | | |
| Aprobó | Ing. Gordon J | | | | | | | | | | | | |



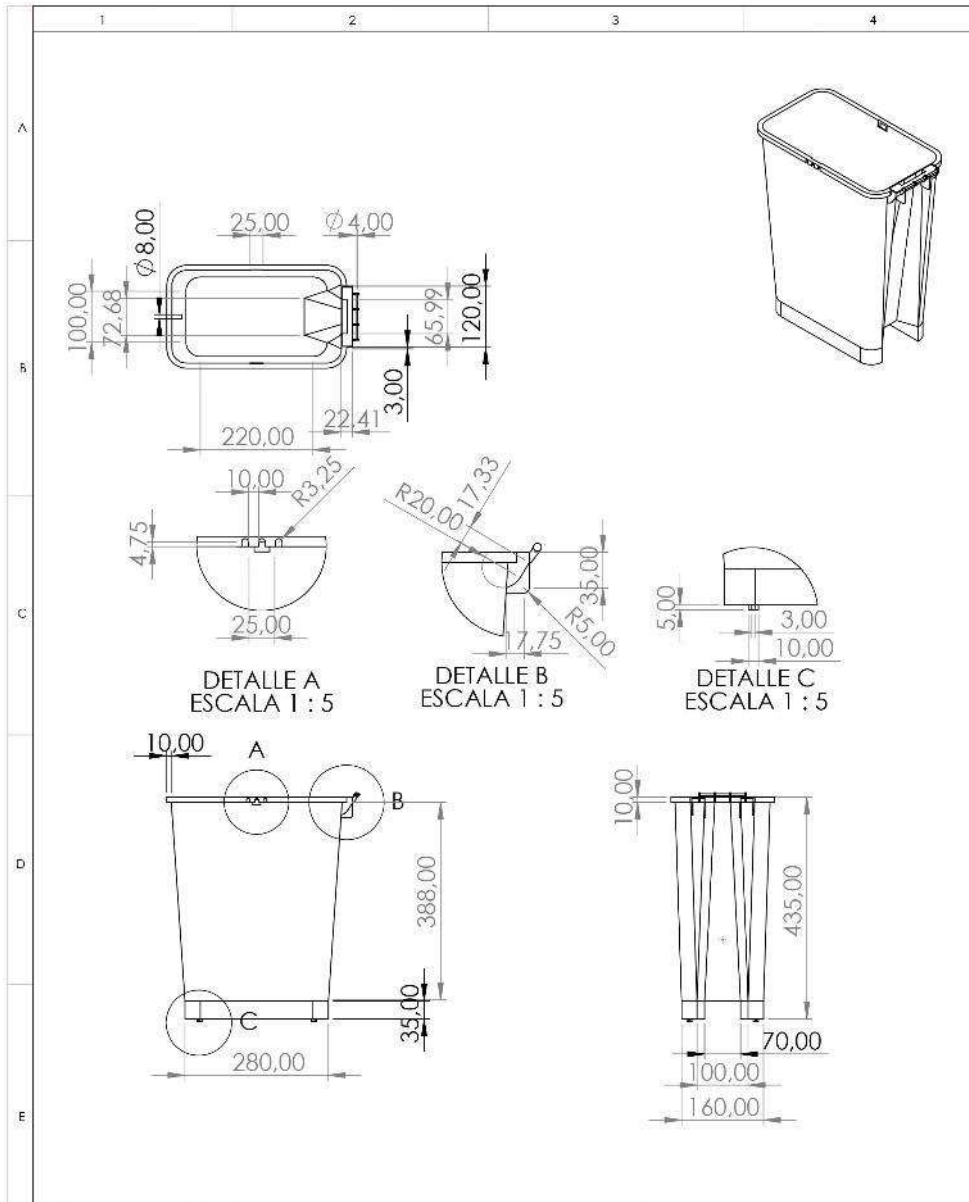
| | | | | | | | |
|----------------|-------------|---------------|-------|--------------------|------------|--------|----------|
| Hoja de camino | | Hoja de hojas | | Denominación | | | |
| | | 1 de 13 | | Contenedor Líquido | | | |
| Substitución | | | | | | | |
| Datos | Nombre | Código | Fecha | Peso (Kg) | Tolerancia | Escala | Registro |
| Dibujó | Ramos | V | | | ± | 1:10 | ◀ ⊙ |
| Proyectó | Guanga | D | | Materiales | | | |
| Revisó | Ing. Gordon | J | | | | | |
| Aprobó | Ing. Gordon | J | | | | | |
| | | | | Coeficiente | | | |



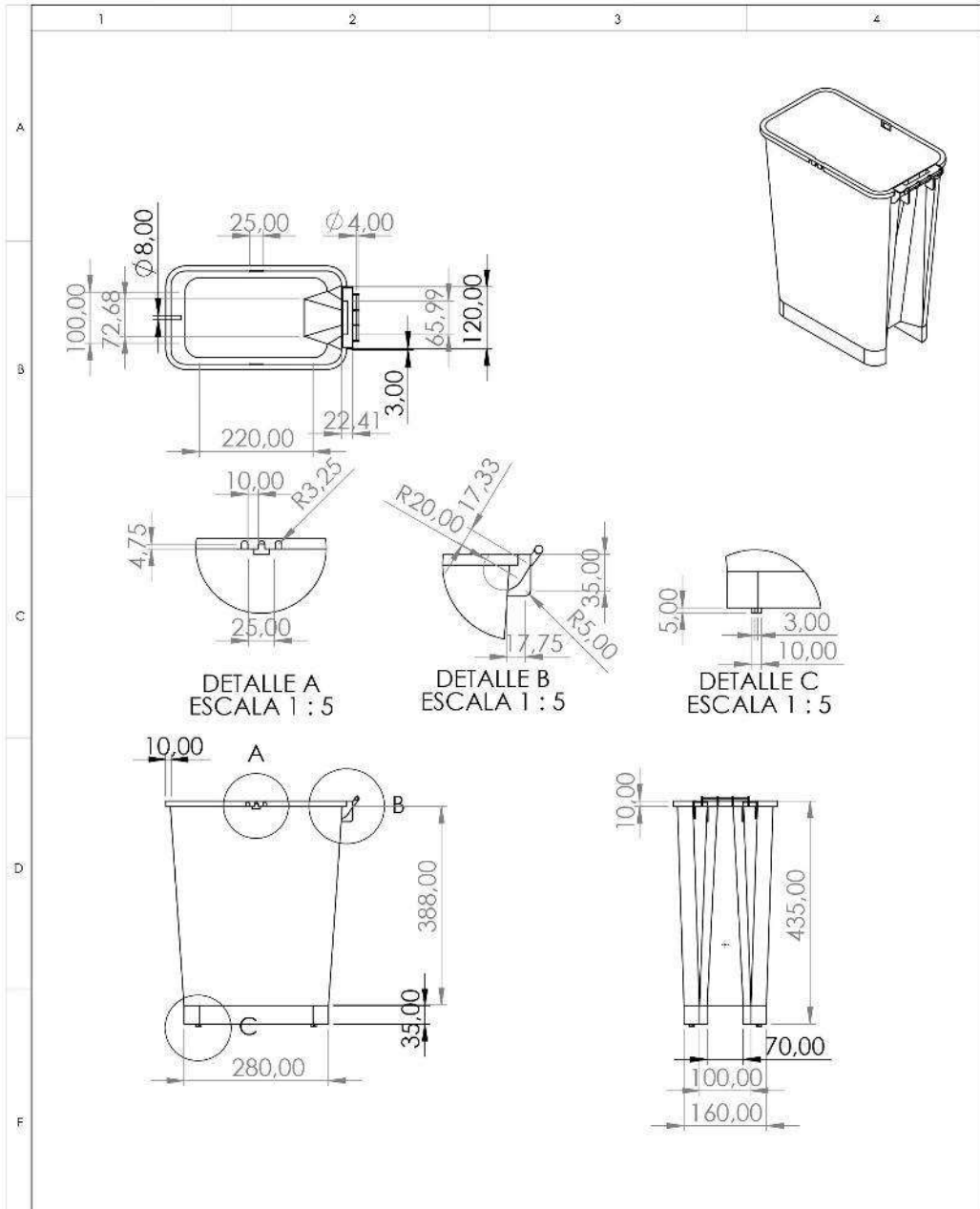
| | | | | | | | |
|----------------|-------------|---------------|-------|--------------------|------------|--------|----------|
| Hoja de dibujo | | Hoja de total | | Denominación | | | |
| | | 1 de 13 | | Contenedor Líquido | | | |
| Substitución | | | | | | | |
| Datos | Nombre | Código | Fecha | Peso (Kg) | Tolerancia | Escala | Registro |
| Dibujó | Ramos | V | | | ± | 1:10 | ◀ ⊙ |
| Proyectó | Guanga | D | | Materiales | | | |
| Revisó | Ing. Gordon | J | | | | | |
| Aprobó | Ing. Gordon | J | | | | | |
| | | | | Coeficiente | | | |



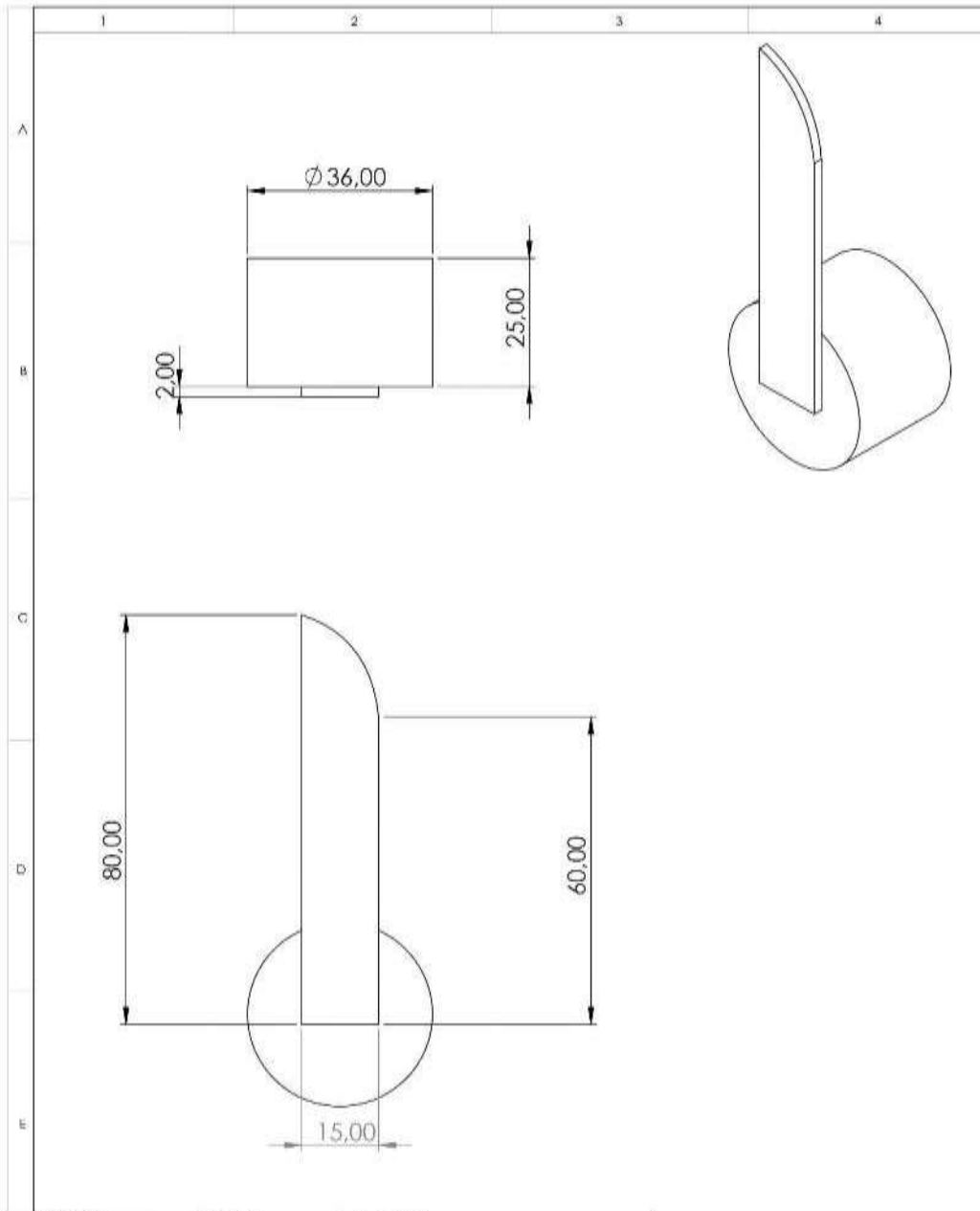
| | | | | | | | |
|--------------|---------------|--------------|-------|-----------------------------|------------|--------|----------|
| No de lámina | | No de hojas: | | Denominación: | | | |
| | | 3 de 13 | | Almacenamiento Sólido | | | |
| Sustitución: | | | | | | | |
| Datos | Nombre | Código | Fecha | Peso (Kg) | Tolerancia | Escala | Registro |
| Dibujó | Ramos V | | | | ± | 1:2 | |
| Proyectó | Guanga D | | | Materiales: Codificación | | | |
| Revisó | Ing. Gordon J | | | | | | |
| Aprobó | Ing. Gordon J | | | | | | |



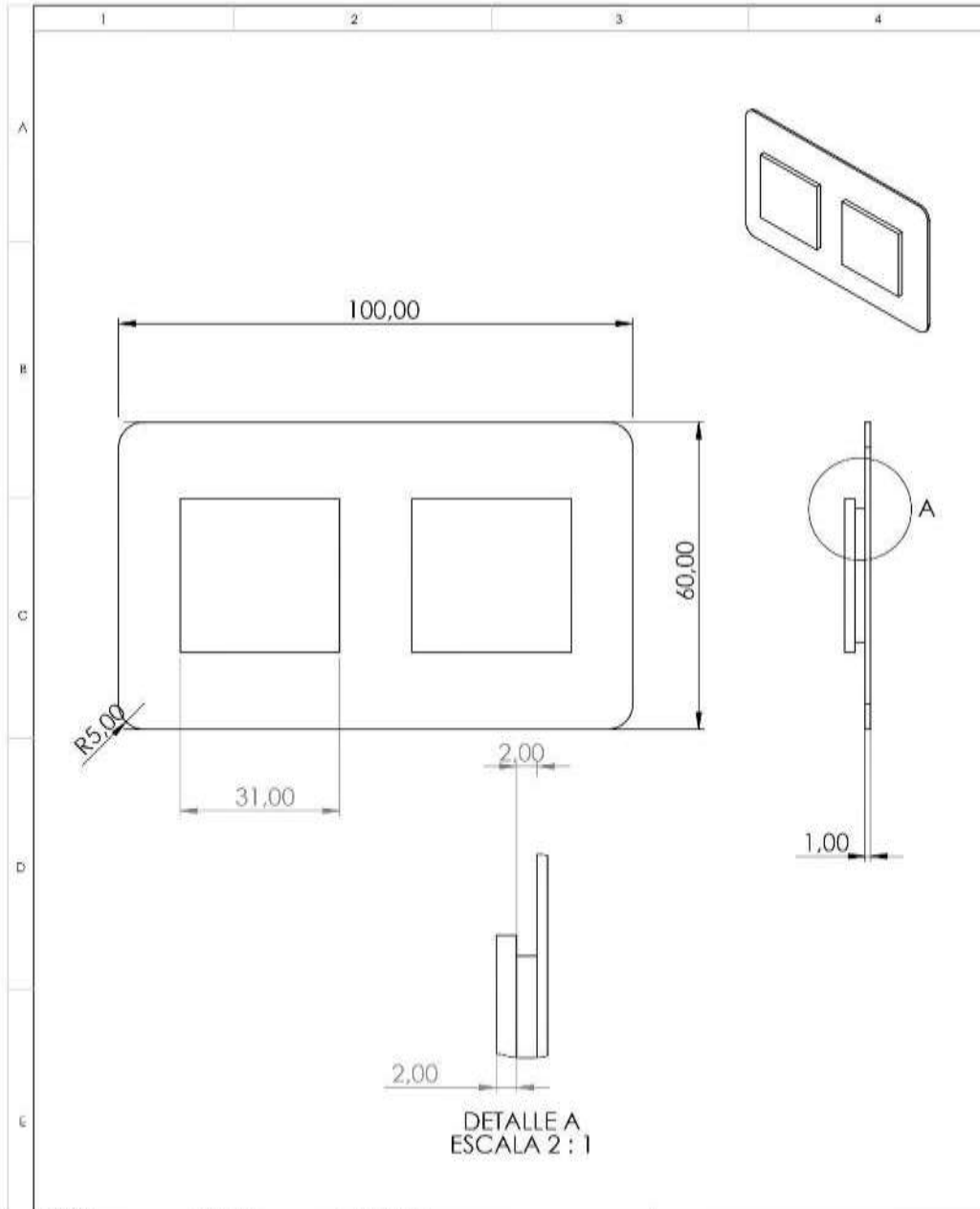
| | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|----------------|-------|--------------------|--|--|--|--|--|
| Hoja de planta: | | Hoja de lista: | | Denominación: | | ESPOCH ELECTRÓNICA INGENIERÍA | | | |
| | | 1 de 13 | | Contenedor Líquido | | | | | |
| situación: | | | | | | | | | |
| Datos | Nombre | Código | Fecha | | | | | | |
| Dibujó | Ramos | V | | | | | | | |
| Proyectó | Guanga | D | | | | | | | |
| Revisó | Ing. Gordon | | | | | | | | |
| Aprobó | Ing. Gordon | | | | | | | | |
| Materiales: | | | | | | Coeficiente: | | | |



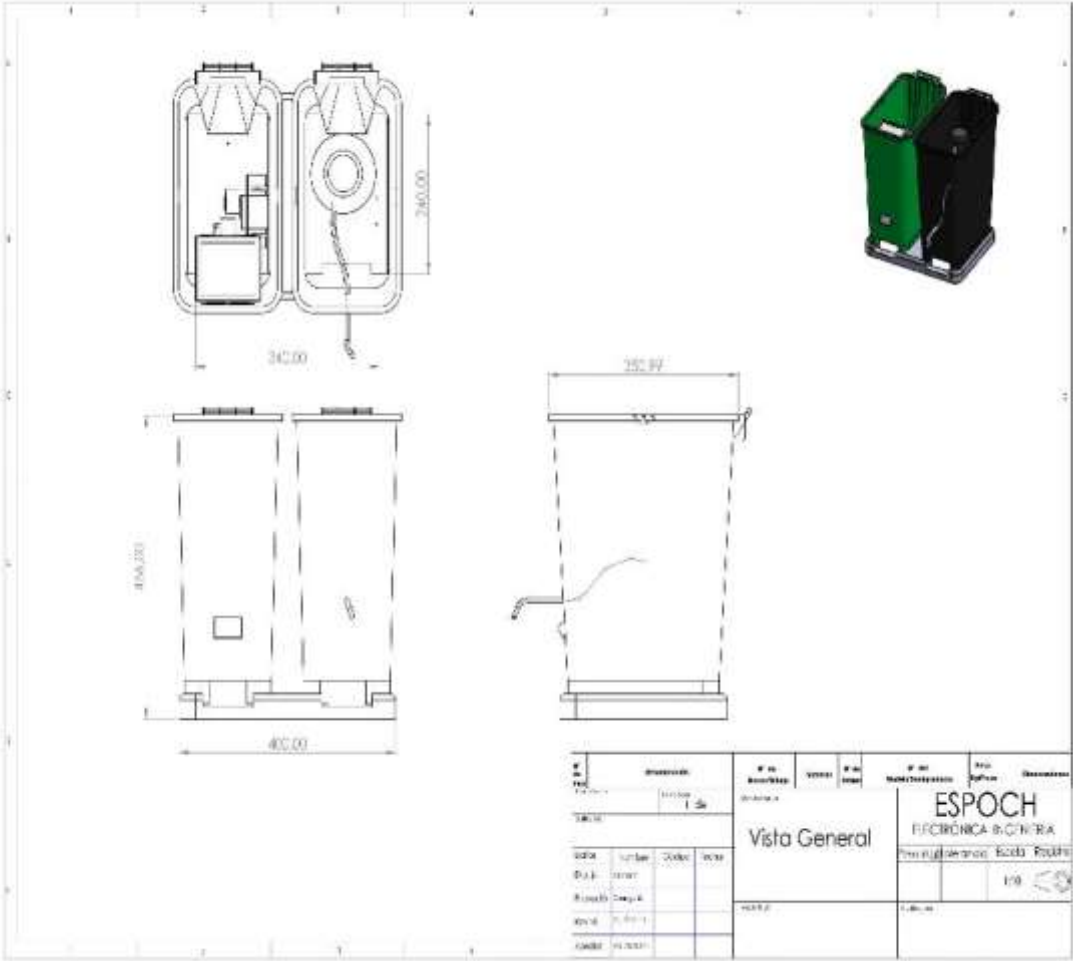
| | | | | | | | |
|--------------|---------------|--------------|-------|--------------------|------------|--------|----------|
| No de lámina | | No de hojas: | | Denominación: | | | |
| | | 1 de 13 | | Contenedor Líquido | | | |
| Sustitución: | | | | | | | |
| Datos | Nombre | Código | Fecha | Peso (Kg) | Tolerancia | Escala | Registro |
| Dibujó | Ramos V | | | | ± | 1:10 | |
| Proyectó | Guanga D | | | Codificación | | | |
| Revisó | Ing. Gordon J | | | | | | |
| Aprobó | Ing. Gordon J | | | | | | |



| | | | | | | | |
|---------------|---------------|--------------------|-------|--|------------|--------|----------|
| Hoja: 7 de 13 | | Denominación: | | ESPOCH ELECTRÓNICA INGENIERÍA | | | |
| 7 de 13 | | Palanca Servomotor | | | | | |
| Datos | Nombre | Código | Fecha | Peso (Kg) | Tolerancia | Escala | Registro |
| Dibujó | Hernan V | | | | ± | 1:1 | |
| Proyectó | Quanga D | | | Materiales: Costeación | | | |
| Revisó | Ing. Gordon A | | | | | | |
| Aprobó | Ing. Gordon A | | | | | | |

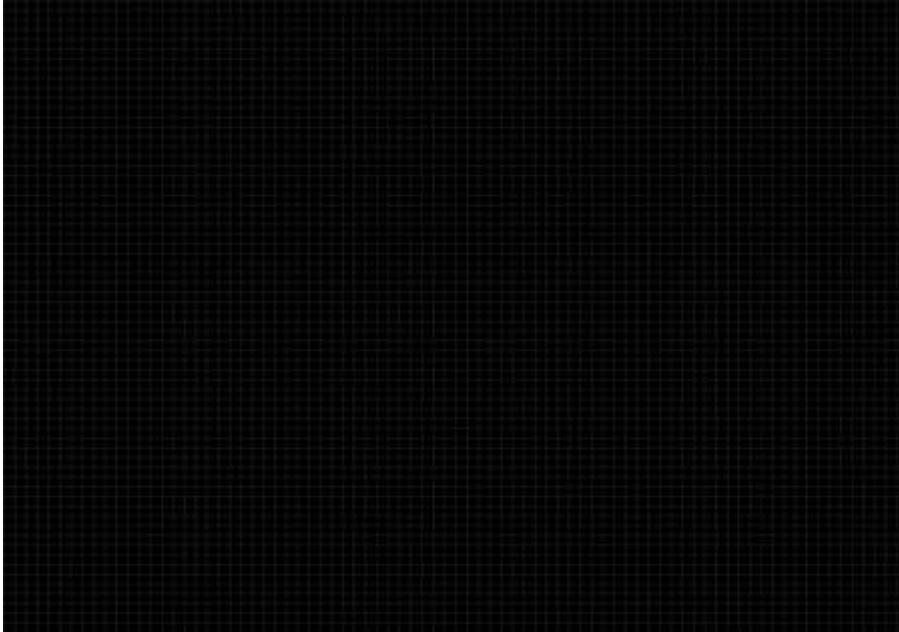


| | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|---------------|-------|---------------|--|--|------------|--------|----------|
| Hoja de dibujo | | Hoja de hojas | | Denominación: | | ESPOCH ELECTRÓNICA INGENIERÍA | | | |
| | | 1 de 1 | | Hoja 1 | | | | | |
| Sustitución: | | | | | | Peso (Kg) | Tolerancia | Escala | Registro |
| Datos | Nombre | Código | Fecha | | | | ± | 1:2 | ☐ ⊙ |
| Dibujó | Famos V. | | | | | | | | |
| Proyectó | Quanga D. | | | | | | | | |
| Revisó | Ing. Gordon J. | | | | | | | | |
| Aprobó | Ing. Gordon J. | | | | | | | | |
| | | | | Material: | | Calificación: | | | |

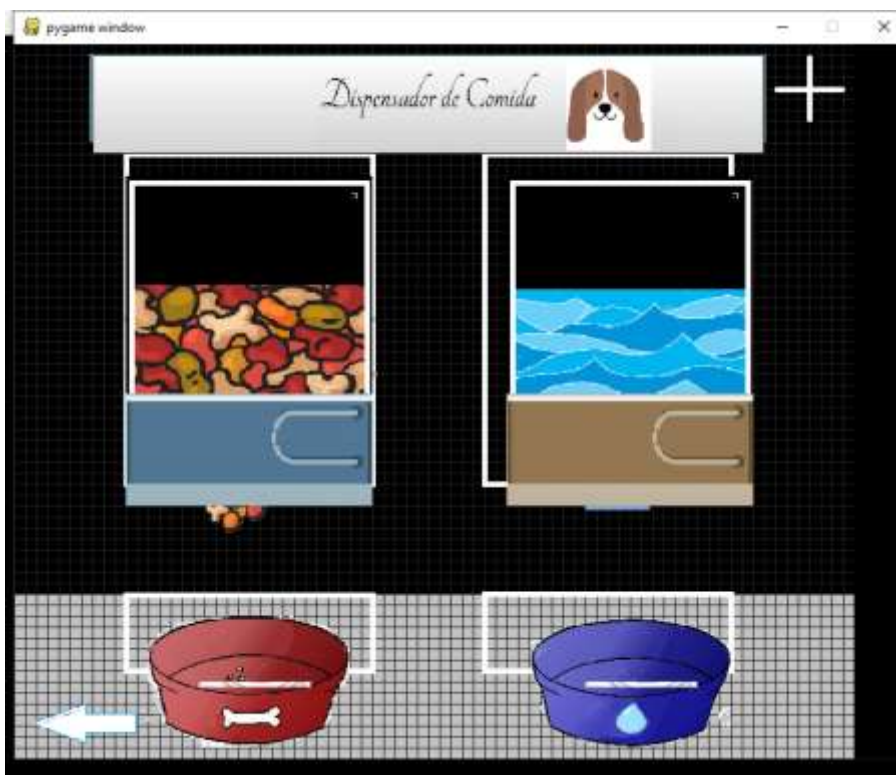


| ESPOCH | | | | ELECTRONICA INGENIERIA | | Prestigio y Calidad | | | | | | | | | |
|--|-------------|----------|--------|------------------------|-------------|---------------------|--------|---|-----|---|-----|----------------------|--|----------------|--|
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Descripción</th> <th>Cantidad</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Bin</td> <td>1</td> <td>Ud.</td> </tr> </tbody> </table> | | | | Item | Descripción | Cantidad | Unidad | 1 | Bin | 1 | Ud. | Vista General | | Proyecto: 1/10 | |
| Item | Descripción | Cantidad | Unidad | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bin | 1 | Ud. | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Descripción</th> <th>Cantidad</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Bin</td> <td>1</td> <td>Ud.</td> </tr> </tbody> </table> | | | | Item | Descripción | Cantidad | Unidad | 1 | Bin | 1 | Ud. | Fecha: 1/10 | | Escala: 1/10 | |
| Item | Descripción | Cantidad | Unidad | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bin | 1 | Ud. | | | | | | | | | | | | |

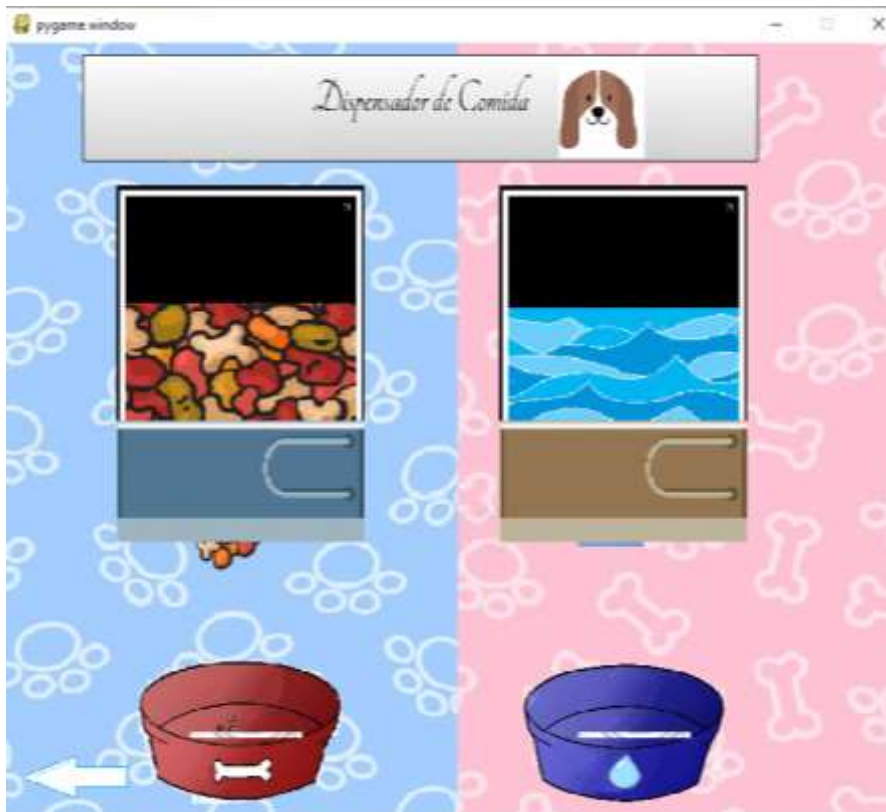
ANEXO C: CREACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA



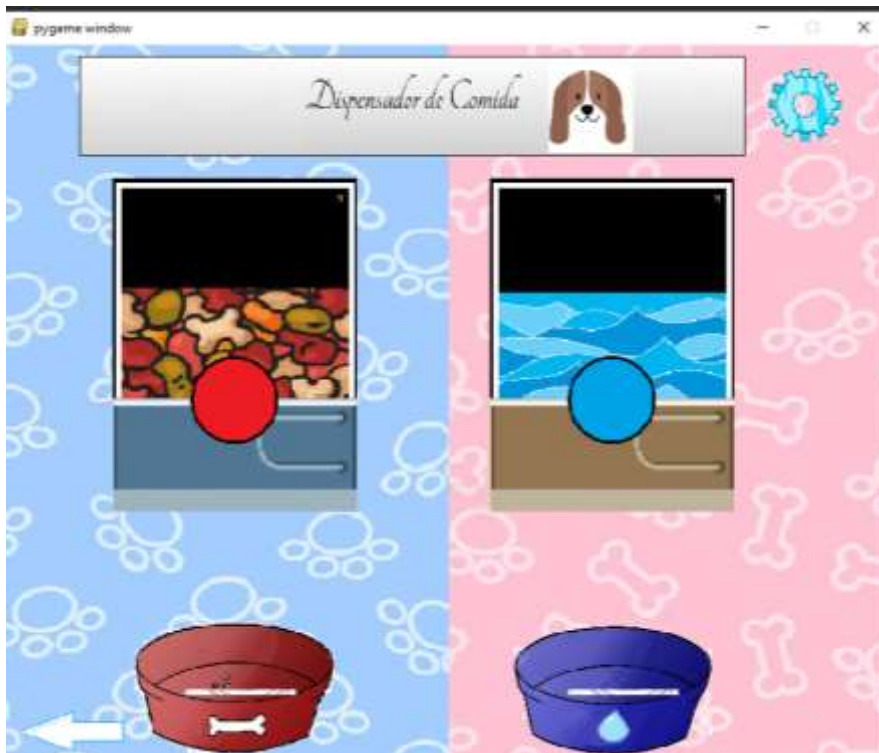
Creación del recurso gráfico para el acopio de agua



Creación del recurso gráfico para el acopio de agua



Interfaz gráfica – Montaje de recursos gráficos fijos



Inclusión de recursos fijos que generan acciones al colisionar



ANEXO D: PROGRAMACIÓN DEL ALGORITMO DE CONTROL EN PYTHON

```
Python - C:\Users\User\Documents\ARCHIVOS DISPENSADOR MASCOTAS\Py (3.6.8)
File Edit Format Run Options Window Help

import pygame
import time
import pyfirmata2
import RPi.GPIO as GPIO
from email.mime.image import MIMEImage
from email.mime.multipart import MIMEMultipart
from email.mime.text import MIMEText
import smtplib
import mimetypes
import requests
import math
from random import random, randint

tiempoH_I, tiempoM_I = time.strftime("%H"), time.strftime("%M")
tiempo_inicio = int(tiempoH_I)*100 + int(tiempoM_I)*1
print(tiempo_inicio, "tiempo_inicio")

UNAVEZ = 1

TERTAX = 0
Millon = 1000000
UNOCAMBIO = 1
UNOCAMBIO00 = 1
UNOCAMBIO000 = 1
UNOCAMBIO0000 = 1

DOSCAMBIO = 1
DOSCAMBIO00 = 1
DOSCAMBIO000 = 1
DOSCAMBIO0000 = 1

TRESCAMBIO = 1
TRESCAMBIO00 = 1
TRESCAMBIO000 = 1
TRESCAMBIO0000 = 1

CUATROCAMBIO = 1
CUATROCAMBIO00 = 1
CUATROCAMBIO000 = 1
CUATROCAMBIO0000 = 1
```

```
Python - C:\Users\User\Documents\ARCHIVOS DISPENSADOR MASCOTAS\Py (3.6.8)
File Edit Format Run Options Window Help

MAILSERVER_LOGIN="mascotas@gmail.com", "X11XG79")")

#####

SERVIDOR = 28
GPIO.setup(GPIO_PIN,
            GPIO.IN)
p = GPIO.PWM(SERVIDOR, 50) # setup 11 for PWM with 50%
p.start(0) # initialization
n = 0

t1 = time.monotonic()
vSERVID = 1
vSERVID = 0

TiempoServ = 3
Elemento_serv = 0

### SERVIDOR ###
FILE_SERV = 12
GPIO.setup(GPIO_PIN,
            GPIO.IN)
GPIO.setup(OBJETO_SERV,
            GPIO.OUT)

t1_obj = time.monotonic()
vSERV = 1
vSERV = 0
TiempoServ = 3
Elemento_serv = 0

### SERVIDOR COMIDA ###
SERVID_COM = 20
GPIO.setup(GPIO_PIN,
            GPIO.IN)
GPIO.setup(OBJETO_SERV_COM,
            GPIO.OUT)

### SERVIDOR COMIDA ###
```


ANEXO E: PROGRAMACIÓN DEL SENSOR ULTRASÓNICO EN PYTHON

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import requests
import math
from random import random , randint

#GPIO Mode (BOARD / BCM)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)

#set GPIO Pins
GPIO_TRIGGER = 3
GPIO_ECHO = 2

#set GPIO direction (IN / OUT)
GPIO.setup(GPIO_TRIGGER, GPIO.OUT)
GPIO.setup(GPIO_ECHO, GPIO.IN)

TOKEN = "BBFF-ZV22H4vNujLcfsRpdYZULr1f4CdJOB"
DEVICE_LABEL = "Raspi" # Put your device label here
VARIABLE_LABEL_1 = "Sensor_Alimento" # Put your first variable label here
VARIABLE_LABEL_2 = "Sensor_Agua" # Put your second variable label here
VARIABLE_LABEL_3 = "Bomba" # Put your second variable label here
VARIABLE_LABEL_4 = "Servo" # Put your second variable label here

Score = 0
def build_payload(variable_1, variable_2, variable_3,variable_4):
    value_1 = distance()
    value_2 = distance()
    value_3 = Score
    value_4 = randint(0,1)
    payload = {variable_1: value_1,
               variable_2: value_2,
               variable_3: value_3,
               variable_4: value_4}
    print(value_1)
```

```
#print(value_3)
#print(value_4)
return payload
```

```
def post_request(payload):
```

```
    # Creates the headers for the HTTP requests
    url = "http://industrial.api.ubidots.com"
    url = "{}api/v1.6/devices/{}".format(url, DEVICE_LABEL)
    headers = {"X-Auth-Token": TOKEN, "Content-Type": "application/json" }
```

```
    # Makes the HTTP requests
```

```
    status = 400
```

```
    attempts = 0
```

```
    while status >= 400 and attempts <= 5:
```

```
        req = requests.post(url=url, headers=headers, json=payload)
```

```
        status = req.status_code
```

```
        attempts += 1
```

```
        #print(status,"PING")
```

```
    # Processes results
```

```
    print(req.status_code, req.json())
```

```
    if status >= 400:
```

```
        #print("[ERROR] Could not send data after 5 attempts, please check \
```

```
        # your token credentials and internet connection")
```

```
        return False
```

```
    print("[INFO] request made properly, your device is updated")
```

```
    return True
```

```
def distance():
```

```
    # set Trigger to HIGH
```

```
    GPIO.output(GPIO_TRIGGER, True)
```

```
    # set Trigger after 0.01ms to LOW
```

```
    time.sleep(0.00001)
```

```

GPIO.output(GPIO_TRIGGER, False)

StartTime = time.time()
StopTime = time.time()

# save StartTime
while GPIO.input(GPIO_ECHO) == 0:
    StartTime = time.time()

# save time of arrival
while GPIO.input(GPIO_ECHO) == 1:
    StopTime = time.time()

# time difference between start and arrival
TimeElapsed = StopTime - StartTime
# multiply with the sonic speed (34300 cm/s)
# and divide by 2, because there and back
distance = (TimeElapsed * 34300) / 2

return distance

```

```

Elemento_SR04 = 0
VSR04 = 0

while True:
    #n = n + 1
    #print(n,"ok")
    valor_distancia = distance()
    print(valor_distancia,"distance")
    if valor_distancia < 20 and Elemento_SR04 == 0:
        Elemento_SR04 = 1

    if Elemento_SR04 == 1 and VSR04 == 0:
        print("ONE")
        Elemento_SR04 = 0
        VSR04 = 1

```

```

if VSR04 == 1 :
    payload = build_payload(VARIABLE_LABEL_1, VARIABLE_LABEL_2,
VARIABLE_LABEL_3,VARIABLE_LABEL_4)
    post_request(payload)
    Score = Score +1
    tiempoH_A , tiempoM_A ,tiempoS_A = time.strftime("%H") , time.strftime("%M") ,
time.strftime("%S")
    print(Score , "Numero")
    print(tiempoH_A,"HORA")
    print(tiempoM_A,"MINUTO")
    print(tiempoS_A,"SEGUNDO")
    VSR04 = 2

```

PROGRAMACIÓN EN PYTHON – ENTRADA DIGITAL

```

import RPi.GPIO as GPIO # Import Raspberry Pi GPIO library
import time
GPIO.setmode(GPIO.BCM) # Use physical pin numbering
GPIO.setup(21, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP) # Set pin 10 to be an input pin and
set initial value to be pulled low (off)
Elemento_botton = 1

while True :
    input_state = GPIO.input(21)
    if input_state == False and Elemento_botton == 1 :
        Elemento_botton = 0
        print("BOTON APLASTADO")

```

PROGRAMACIÓN EN PYTHON – SALIDA DIGITAL

```

import RPi.GPIO as GPIO
import time

RELE_AGUA = 12
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(RELE_AGUA, GPIO.OUT)

t1_agua = time.monotonic()

```

```
v1AGUA = 1
v2AGUA = 0
TiempoAgua = 2

try:
    while True:
        t2_agua = time.monotonic()
        Tiempo_A = t2_agua-t1_agua

        if v1AGUA == 1 and Tiempo_A > TiempoAgua and Tiempo_A < TiempoAgua*2 :
            GPIO.output(RELE_AGUA, GPIO.HIGH)
            print(Tiempo_A,"Tiempo_A 1")
            v1AGUA = 0
            v2AGUA = 1

        if v2AGUA == 1 and Tiempo_A > TiempoAgua*2 :
            GPIO.output(RELE_AGUA, GPIO.LOW)
            print(Tiempo_A,"Tiempo_A 2")
            t1_agua = time.monotonic()
            v1AGUA = 1
            v2AGUA = 0

except KeyboardInterrupt:
    p.stop()
    GPIO.cleanup()
```

ANEXO F: PROGRAMACIÓN EN ARDUINO

– SHIELD GSM

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include "Adafruit_FONA.h"
#define CONFIG_GSM_RXPIN 4
#define CONFIG_GSM_TXPIN 3
#define CONFIG_GSM_BAUDRATE 9600
#define CONFIG_GSM_SMS_DESTINATION "+52155XXXXXXXX"
#define CONFIG_ALARM_PIN 5

SoftwareSerial swseri = SoftwareSerial(CONFIG_GSM_RXPIN, CONFIG_GSM_TXPIN);
Adafruit_FONA fona = Adafruit_FONA(10);

void setup() {
  pinMode(CONFIG_ALARM_PIN, INPUT_PULLUP);
  swseri.begin(CONFIG_GSM_BAUDRATE);
  Serial.begin(CONFIG_GSM_BAUDRATE);
  if (fona.begin(swseri))
    Serial.println(F("MODULO GSM OK"));
  else
  {
    Serial.println(F("NO SE ENCUENTRA MODULO GSM"));
    while (1);
  }
  if (!fona.sendSMS(CONFIG_GSM_SMS_DESTINATION, "Alarma SMS encendiendo!!!")) {
    Serial.println(F("ERROR"));
  } else {
    Serial.println(F("ENVIADO"));
  }
}

void loop() {
  if (!digitalRead(CONFIG_ALARM_PIN))
  {
    delay(100);
    if (!digitalRead(CONFIG_ALARM_PIN))
    {
```



```
    if (!fona.sendSMS(CONFIG_GSM_SMS_DESTINATION, "ESTIMADO USUARIO NO  
EXISTE AGUA REVISAR EL DISPENSADOR!!!")) {  
        Serial.println(F("ERROR AL ENVIAR MENSAJE DE ALARMA"));  
    } else {  
        Serial.println(F("MENSAJE DE ALARMA ENVIADO"));  
    }  
    delay(5000);  
} }
```

ANEXO G: PROGRAMACIÓN DE LOS SENSORES Y CONTROL DE ACTUADORES

```
GPIO.output(GPIO_TRIGGER, True)
time.sleep(0.00001)
GPIO.output(GPIO_TRIGGER, False)
StartTime = time.time()
StopTime = time.time()
while GPIO.input(GPIO_ECHO) == 0:
    StartTime = time.time()
while GPIO.input(GPIO_ECHO) == 1:
    StopTime = time.time()
TimeElapsed = StopTime - StartTime
distance = (TimeElapsed * 34300) / 2
return distance

import RPi.GPIO as GPIO # Import Raspberry Pi GPIO library
def button_callback(channel):
    print("Button was pushed!")
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setup(10, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.add_event_detect(10,GPIO.RISING,callback=button_callback)
message = input("Press enter to quit\n\n")
servo_pin = 17
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(servo_pin, GPIO.OUT)
p = GPIO.PWM(servo_pin, 50)

p.ChangeDutyCycle(2.5) # Mover servo to 0°
sleep(1)
p.ChangeDutyCycle(7.5) # Mover servo to 90°
sleep(1)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(channel, GPIO.OUT)
GPIO.output(pin, GPIO.HIGH)
GPIO.output(pin, GPIO.LOW)
```

ANEXO H: PROGRAMACIÓN DEL ENLACE RASPBERRY CON UBIDOTS

```
TOKEN = "BBFF-IhqNUlrkEXYBUnw5hwYjrs6V2pXEXp"
DEVICE_LABEL = "Raspi"
VARIABLE_LABEL_1 = "Sensor_Alimento"
VARIABLE_LABEL_2 = "Sensor_Agua"
VARIABLE_LABEL_3 = "Servo"
VARIABLE_LABEL_4 = "Bomba"
def build_payload(variable_1, variable_2, variable_3,variable_4):
    value_1 = d_comida()
    value_2 = d_agua()
    value_3 = TIKTAK_COMIDA
    value_4 = TIKTAK_AGUA
    payload = {variable_1: value_1,
               variable_2: value_2,
               variable_3: value_3,
               variable_4: value_4}

url = "http://industrial.api.ubidots.com"
url = "{}_api/v1.6/devices/{}".format(url, DEVICE_LABEL)
headers = {"X-Auth-Token": TOKEN, "Content-Type": "application/json"}
```

ANEXO I: PROGRAMACION DE ALERTA DE CORREO ELECTRÓNICO EN PYTHON

```
import time
import smtplib
import mimetypes
from email.mime.image import MIMEImage
from email.mime.multipart import MIMEMultipart
from email.mime.text import MIMEText

msg = MIMEMultipart()
msg['From']="dosissserver@gmail.com"
msg["To"]="dosisuser2@gmail.com"
msg['Subject']="Alarma Dosificadora Comida Inactiva"
msg.attach(MIMEText("Estimado usuario. El alimento se agotó , verifique la dosificadora."))

file = open("Fcomida.png", "rb")
attach_image = MIMEImage(file.read())
attach_image.add_header('Content-Disposition', 'attachment; filename = "Alarma"')
msg.attach(attach_image)

mailServer = smtplib.SMTP('smtp.gmail.com',587)
mailServer.ehlo()
mailServer.starttls()
mailServer.ehlo()
mailServer.login("dosisuser2@gmail.com","A12345679!")

msj = MIMEMultipart()
msj['From']="dosissserver@gmail.com"
msj["To"]="dosisuser2@gmail.com"
msj['Subject']="Alarma Dosificadora Agua Inactiva"
msj.attach(MIMEText("Estimado usuario. El agua se agotó , verifique la dosificadora."))

file = open("Fagua.png", "rb")
attach_image = MIMEImage(file.read())
attach_image.add_header('Content-Disposition', 'attachment; filename = "Alarma"')
msj.attach(attach_image)
```

```
mailServer = smtplib.SMTP('smtp.gmail.com',587)
mailServer.ehlo()
mailServer.starttls()
mailServer.ehlo()
mailServer.login("dosisuser2@gmail.com","A12345679!")
AVISO = 2
while True:
    if AVISO == 1:
        mailServer.sendmail("dosisuser2@gmail.com", "dosissserver@gmail.com",
msg.as_string())
        print("Enviado Exitosamente .COMIDA ")
        AVISO = 0
    if AVISO == 2:
        mailServer.sendmail("dosisuser2@gmail.com", "dosissserver@gmail.com", msj.as_string())
        print("Enviado Exitosamente .AGUA ")
        tiempoH_A , tiempoM_A ,tiempoS_A = time.strftime("%H") , time.strftime("%M") ,
time.strftime("%S")
        print(tiempoH_A,"HORA")
        print(tiempoM_A,"MINUTO")
        print(tiempoS_A,"SEGUNDO")
        AVISO = 0
    if AVISO == 0 :
        print("corriendo")
        AVISO = 3
```