



DISPENSADOR ELECTRÓNICO DE BOLSAS PARA LA RECOLECCIÓN DE HECES
CANINAS EN ESPACIOS PÚBLICOS

DAVID RICARDO RIVERA ARBELÁEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
MANIZALES

2021

DISPENSADOR ELECTRÓNICO DE BOLSAS PARA LA RECOLECCIÓN DE HECES
CANINAS EN ESPACIOS PÚBLICOS

Autor

DAVID RICARDO RIVERA ARBELÁEZ

Proyecto de grado para optar al título de Magíster en ingeniería

DIRECTOR

IVÁN ALBERTO ARIAS GALVIS

CO-DIRECTORA

DIANA YOMALI OSPINA LÓPEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

MANIZALES

2021

“Los científicos estudian el mundo como es, los ingenieros crean al mundo que nunca ha existido”

Theodore Von Karman

*A mi familia por todo el apoyo recibido
a lo largo de los años, por siempre estar ahí*

*A mis amigos y a mi novia,
por motivarme y empujarme hacía adelante*

*A mis estudiantes,
por ser el desafío de superarme siempre*

*A mi sobrina,
por nacer y crear en mí nuevas ilusiones*

*Y a todos aquellos,
que nunca dejan de creer en el milagro de sus propias fuerzas*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me encantaría agradecer a mis directores de tesis M.Sc. Iván Alberto Arias Galvis y PhD. Diana Yomali Ospina López por su grandioso apoyo durante mis estudios de Maestría en Ingeniería en la Universidad Autónoma de Manizales, siempre estuvieron ahí, son unos excelentes profesionales, pero mejores seres humanos, fueron fundamentales para alcanzar mis objetivos.

Gracias a M.Sc. Rubén Darío Flórez Hurtado por darme la oportunidad de ingresar al Departamento de Electrónica y Automatización en la Universidad Autónoma de Manizales en enero de 2017, además de ser un apoyo constante en mi crecimiento profesional y personal con sus oportunos y constructivos consejos. A ing. Néstor Fabio Gómez Pérez por ayudarme a encontrar mi verdadera vocación profesional, Alba Patricia Arias Orozco por siempre estar ahí, confiar en mí y tenerme presente; finalmente a PhD. Óscar Moscoso porque cada vez que me veía preguntaba sobre los avances en mi maestría, trabajo de grado y darme palabras de apoyo para salir adelante con este proyecto profesional y de vida.

Gracias al estudiante Víctor Manuel Ramírez por su constante compromiso, por asumir el tema del semillero de investigación con tantas ganas y responsabilidad, fue súper importante en tareas puntuales de este proyecto. En segundo lugar, el estudiante Andrés David Rodríguez Rodríguez por el apoyo en la integración del dispositivo electrónico con la nube, finalmente y no menos importante a la estudiante Juanita Restrepo Osorio por el compromiso demostrado a lo largo del proyecto y sus aportes en los diseños de los componentes mecánicos.

Agradezco también a la Universidad Autónoma de Manizales por apoyarme en la realización de uno de mis grandes sueños profesionales. Así mismo, me gustaría agradecer a las grandes personas que conocí a lo largo de la maestría Herman Mosquera, Santiago Pinilla, Juan David Álvarez y Camilo Espinosa, jamás olvidaré los descansos que teníamos en las clases donde nos reíamos, compartíamos, olvidábamos la rutina y hablábamos de

todo un poco, tampoco las traspasadas haciendo trabajos por Meet donde siempre encontrábamos la solución y salíamos adelante.

Finalmente, agradecerles a mis padres Luz Amparo y César Augusto, a mi novia por acompañarme en este camino de crecimiento personal y profesional, a mis hermanos Mateo Andrés y Laura María por ser los pilares más importantes en mi vida, por siempre apoyarme incondicionalmente sin importar el momento y a mis grandes amigos Ms.C Manuel Felipe Villalba, ingenieros Raúl Andrés Uribe y Héctor Alejandro Ruíz Villa por ser mis mejores amigos, brindarme su amistad y apoyo a lo largo de los años.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objeto el diseño de un dispensador electrónico, que ayuda en los procesos de control y suministro de bolsas utilizadas en la recolección de heces de mascotas. El sistema se podría emplear en parques y otros lugares públicos de las ciudades. El dispensador está constituido por subsistemas: electrónicos, mecánicos y computacionales; los cuales permiten el proceso de suministro de bolsas. Para su funcionamiento, el dispositivo utiliza como actuadores, motores que proveerán bolsas, también, abren y cierran el depósito de las heces, así mismo, tiene un sistema de autenticación de usuarios compuesto por un módulo de identificación por radiofrecuencia (RFID), se conecta a una base de datos en la nube a través de una red LoRaWAN haciendo uso del protocolo MQTT verificando la existencia del usuario en la plataforma y la disponibilidad de bolsas. La energía necesaria para la operación del módulo se abastecerá mediante un panel solar, una batería y un sistema de conversión de potencia. Dentro de esta propuesta se plantea un diseño partiendo de un análisis de requisitos, seguido de un estudio metodológico que permitió desarrollar los diferentes componentes, se investigó en áreas de IoT, protocolos y seguridad en el IoT y sistemas de recolección de heces caninas.

Palabras clave: Internet de las cosas, RFID, ciudades inteligentes, gestión inteligente de residuos, LoRaWAN, MQTT

ABSTRACT

The purpose of this research project is the design of an electronic dispenser, which helps in the control and supply processes of bags used in the collection of pet feces. The system could be used in parks and other public places in cities. The dispenser is made up of electronic, mechanical and computational subsystems, which enable the bag supply process. For its operation, the device uses as actuators, motors that will provide bags, also, open and close the deposit of feces, likewise, it has a user authentication system composed of a radio frequency identification module (RFID), it connects to a database in the cloud through a LoRaWAN network making use of the MQTT protocol verifying the existence of the user on the platform and the availability of bags. The energy required for the operation of the module will be supplied by a solar panel, a battery and a power conversion system. Within this proposal a design is proposed based on a requirements analysis, followed by a methodological study that allowed the development of the different components, research was conducted in the areas of IoT, protocols and security in the IoT and dog feces collection systems.

Keywords: Internet of Things, RFID, Smart cities, smart waste management, LoRaWAN, MQTT

Contenido

1	PRESENTACIÓN	16
2	ANTECEDENTES	18
2.1	DISPENSADORES DE BOLSAS PLÁSTICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE HECES CANINAS.....	18
2.2	CANECAS INTELIGENTES PARA BASURA.....	23
2.3	APROVECHAMIENTO DE LAS HECES CANINAS	27
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN.....	29
3.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA	29
3.2	JUSTIFICACIÓN	30
4	REFERENTE TEÓRICO	33
4.1	SISTEMAS EMBEBIDOS	33
4.1.1	Microcontrolador (MCU – Microcontroller Unit).....	33
4.2	INTERNET DE LAS COSAS (IoT).....	35
4.2.1	Propiedades De Las Cosas En El IoT.....	36
4.2.2	Arquitectura Del IoT	38
4.2.3	Redes De Sensores Inalámbricos (WSN).....	39
4.2.4	Seguridad Del IoT	42
4.3	IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID).....	43
4.4	LoRa.....	44
4.5	LoRaWAN	45
4.5.1	Clase A	45
4.5.2	Clase B.....	46
4.5.3	Clase C.....	47

4.6	GENERALIDADES DE LAS BOLSAS PLÁSTICAS.....	47
4.6.1	Normatividad General Del Uso De Bolsas Plásticas A Nivel Nacional.....	48
4.6.2	Clasificación Bolsas Plásticas	48
5	OBJETIVOS.....	50
5.1	OBJETIVO GENERAL.....	50
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	50
5.2.1	Diseñar los módulos electrónicos, mecánicos e informáticos del dispensador con base a los requerimientos técnicos y funcionales.	50
5.2.2	Implementar el diseño de un prototipo que permita la verificación del rendimiento de los sistemas electrónicos y computacionales.....	50
5.2.3	Desarrollar una herramienta computacional en la nube que permita el monitoreo y la adquisición de los datos generados por sensores y la gestión de dispositivos y usuarios del sistema.....	50
6	METODOLOGÍA.....	51
6.1	ENFOQUES METODOLÓGICOS	51
6.2	TIPO DE ESTUDIO	51
6.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	51
6.3.1	Diseño Electrónico	52
6.3.2	Diseño Mecánico	53
6.3.3	Desarrollo De Software	56
6.3.4	IoT Methodology	58
6.3.5	Prototipo De Un Dispensador Funcional.....	60
6.3.6	Prueba De Funcionalidad.....	61
7	RESULTADOS	62
7.1	DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL DISPENSADOR ELECTRÓNICO .	62

7.1.1	Diseño Electrónico	65
7.1.2	Diseño Mecánico	66
7.1.3	Desarrollo De Software	72
7.2	IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO FUNCIONAL	73
7.2.1	Selección De Componentes Electrónicos	74
7.2.2	Desarrollo De Interfaces De Smart Pet Bin (Menús De Usuario)	75
7.2.3	Desarrollo Del Firmware	78
7.2.4	Integración Del Hardware Con La Nube	80
7.3	PRUEBAS DEL PROTOTIPO	83
7.3.1	Medición De Peso Y Volumen	83
7.3.2	Identificación De Usuarios	84
7.3.3	Conectividad Con La Nube Haciendo Uso Del Protocolo MQTT	84
7.4	PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN	86
7.4.1	Productos De Las Actividades De Apropiación Social Del Conocimiento....	86
7.4.2	Productos De Las Actividades De Formación De Recurso Humano Para CTel	86
7.4.3	Productos De Generación De Nuevo Conocimiento	87
7.4.4	Productos De Las Actividades De Desarrollo Tecnológico E Innovación.....	88
8	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	89
8.1	DISEÑO ELECTRÓNICO	89
8.2	DESARROLLO DE SOFTWARE	89
8.3	INTEGRACIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO CON LA NUBE	89
8.4	SEGURIDAD EN IOT	90
8.5	EXPERIENCIA DE USUARIO FRENTE A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA PROPUESTA.....	90

8.6	PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN	92
9	CONCLUSIONES.....	93
10	RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	96
11	REFERENCIAS	98
12	ANEXOS.....	105
12.1	MANUAL TÉCNICO	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Dispensador de bolsas plásticas Manizales.....	19
Figura 2 Dispensador bolsas plásticas Bucaramanga.....	19
Figura 3 Dispensador bolsas plásticas Bogotá.....	20
Figura 4 Dispensador de bolsas plásticas Punta del Este, Uruguay.....	21
Figura 5 Punto Can Córdoba, Argentina.....	21
Figura 6 Dispensador de bolsas plásticas San Sebastián de La Gomera.....	22
Figura 7 Papeleras especiales para excrementos caninos en Manizales.....	23
Figura 8 Caneca inteligente, Bogotá.....	23
Figura 9 Caneca inteligente, Hong Kong.....	24
Figura 10 Park Spark.....	28
Figura 11 Generador de metano.....	28
Figura 12 Dispensador de bolsas para recolección de heces caninas, Manizales.....	30
Figura 13 Análisis del “Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018” de Gartner.....	36
Figura 14 Representación pictórica de la arquitectura del IoT.....	38
Figura 15 Nodo de sensores.....	40
Figura 16 Arquitectura REST.....	43
Figura 17 Diagrama explicativo funcionamiento RFID.....	44
Figura 18 Capas de aplicación LoRaWAN.....	45
Figura 19 Oportunidades de marco Beacon.....	46
Figura 20 Diseño electrónico.....	52
Figura 21 Pasos del proceso de diseño según Robert L. Norton.....	54
Figura 22 Metodología desarrollo de software.....	56
Figura 23 Proceso de pruebas.....	58
Figura 24 Flujo de proceso IoT-Meth.....	59
Figura 25 Ciclo de vida del producto.....	60
Figura 26 Experiencia de Usuario (UX).....	61
Figura 27 Diagrama de proceso del sistema.....	62
Figura 28 Diagrama de bloques contenedor.....	63

Figura 29 Suministro de bolsas	63
Figura 30 Componentes del depósito	64
Figura 31 BSFrance LoRa 32u4.....	65
Figura 32 Diagrama esquemático.....	65
Figura 33 PCB	66
Figura 34 Vista lateral estructura.....	67
Figura 35 Mecanismo antibloqueo	67
Figura 36 Vista lateral soporte bolsas plásticas.....	68
Figura 37 Contenedor de sistema electrónico para la recolección de heces caninas.....	68
Figura 38 Plano del contenedor de heces caninas	69
Figura 39 Planos de la cabina.....	70
Figura 40 Planos del mecanismo suministrador de bolsas	71
Figura 41 Acoplamiento motor y engranes	71
Figura 42 Diagrama de clases del sistema.....	72
Figura 43 Acciones del Administrador del Sistema	73
Figura 44 Acciones del usuario del sistema	73
Figura 45 Componentes del prototipo	75
Figura 46 Inicio de sesión Smart Pet Bin.	75
Figura 47 Dashboard Smart Pet Bin.....	76
Figura 48 Usuarios Smart Pet Bin	76
Figura 49 Dispositivos Smart Pet Bin	77
Figura 50 Basureros Smart Pet Bin	77
Figura 51 Diagrama de proceso de programación firmware	78
Figura 52 Agregar usuario.....	81
Figura 53 Listado de dispositivos con respectivos Peso y Nivel.....	82
Figura 54 Suministro de bolsas	83
Figura 55 Pruebas de identificación de usuarios	84
Figura 56 Verificación del protocolo MQTT modo Subscriber	85
Figura 57 Prueba de comunicación entre bróker EMQX y el Dashboard de Smart Pet Bin	85
Figura 58 Frecuencia diaria de paseo de mascotas.....	90

Figura 59 Frecuencia semanal de paseo de mascotas.....	91
Figura 60 Olvido de bolsa para recoger las heces caninas	91
Figura 61 Malos olores asociados a heces caninas en espacios públicos.....	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones del microcontrolador ATmega 32U4	34
Tabla 2 Comparación red tradicional y red de sensores inalámbricos	41
Tabla 3 Tarifas del impuesto al consumo de bolsas plásticas	48
Tabla 4 Productos de las actividades de Apropiación Social del Conocimiento.....	86
Tabla 5 Productos de las actividades de Formación de Recurso Humano para la CTeI.	87
Tabla 6 Productos de las actividades de Generación de Nuevo Conocimiento.....	87
Tabla 7 Productos de las actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación	88

LISTA DE SIMBOLOS

Abreviaturas

Abreviatura	Término
ADC	Conversor Análogo Digital
CoAP	Protocolo de aplicación restringida (Constrained Application Protocol)
CPU	Unidad central de procesamiento (Central Processing Unit)
CTeI	Ciencia Tecnología e Innovación
DAC	Conversor Digital Análogo
ESR	Resistencia en serie equivalente (Equivalent Series Resistance)
GIS	Sistema de información geográfica (Geographic Information System)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System)
GSM	Sistema global para las comunicaciones móviles (Global System for Mobile communications)
HTTP	Protocolo de transferencia de hipertexto (Hypertext Transfer Protocol)
I ² C	Circuito inter-integrado (Inter-Integrated Circuit)
IoT	Internet de las Cosas (Internet of things)
LCD	Pantalla de Cristal Líquido (Liquid Crystal Display)
LoRa	Largo alcance (Long Range)
LoRaWAN	Red de área inalámbrica de largo alcance (Long Range Wireless Area Network)
LTE	Evolución a largo plazo (Long Term Evolution)
M2M	Máquina a Máquina (Machine to machine)
MCU	Microcontrolador (Microcontroller Unit)
MQTT	Message Queue Telemetry Transport
NFC	Comunicación de campo cercano (Near Field Communication)
NVM	Memoria no volátil (Non-Volatile memory)

OSI	Interconexión de sistemas abiertos (Open Systems Interconnection)
PCB	Tarjeta de circuito impreso (Print Circuit Board)
PWM	Modulación por ancho de pulsos (Pulse Width Modulation)
RAM	Memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory)
REST	Transferencia de estado representacional (Representational State Transfer)
RFID	Identificación por radiofrecuencia (Radio Frequency Identification)
RISC	Computador con conjunto de instrucciones reducido (Reduced instruction set computer)
ROM	Memoria de solo lectura (Read-Only Memory)
RTOS	Sistema operativo de tiempo real (Real-time operating system)
SoC	System on Chip
SPI	Serial Peripheral Interface
SWM	Manejo inteligente de residuos (Smart waste management)
TQFP	Encapsulado cuadrado plano (Thin Quad Flat Package)
UART	Transmisor-Receptor Asíncrono Universal (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)
UX	Experiencia de usuario (User Experience)
WSN	Redes de sensores inalámbricos (Wireless Sensors Networks)

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, según [1] “muchos ciudadanos tienen mascotas en lugar de hijos, así mismo, muchas personas de la tercera edad tienen una mascota como compañía permanente”, por lo tanto, no es de extrañar que dichos animales y todo lo que su tenencia implica, son un tema de suma importancia socialmente hablando. Específicamente, se crean conflictos de convivencia y de índole ambiental cuando no se da una adecuada disposición a las heces de los animales de compañía en los espacios públicos. Debido a esto, en las “Smart-Cities”, cuyo objetivo principal es hacer la vida en las ciudades más cómoda y eficiente, se hace necesario abordar la temática del manejo de residuos, con el fin de brindar alternativas que permitan hacer un mejor manejo de las mismas, haciendo uso de las herramientas tecnológicas relacionadas con el Internet de las Cosas (IoT).

En el desarrollo de un proyecto de dicha índole, la electrónica y las tecnologías de la información y las comunicaciones, facilitan la incorporación de funcionalidades y dan valor a los productos resultantes, por ejemplo, el uso del Internet de las Cosas (IoT) permite la comunicación de un dispensador ubicado en un parque con un servidor remoto, que tenga una base de datos de la información de usuarios registrados, a su vez dichos usuarios se identifican mediante un “tag”, utilizando la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID). Así mismo, las necesidades energéticas de dicho dispensador, pueden ser abastecidas por un panel solar en conjunto con un convertidor de potencia, haciendo a este dispositivo más eficiente.

En este contexto, el propósito de este proyecto de investigación fue estudiar las diferentes alternativas que pueden ser desarrolladas para solucionar los problemas asociados a la recolección de heces de mascotas, se contó con una serie de opciones que fueron evaluadas desde el aspecto ambiental hasta el tecnológico. La finalidad fue diseñar y desarrollar un dispensador de bolsas que permitiera controlar su uso, además de ofrecer un depósito integrado para la recolección de heces de animales por parte de sus cuidadores en los parques siendo un dispositivo autónomo energéticamente.

1 PRESENTACIÓN

El Internet de las Cosas (IoT) es una combinación de objetos físicos que tienen algún tipo de poder de cómputo, cierto nivel de inteligencia integrado en el objeto en sí mismo, medios a través de los cuales el objeto puede conectarse a Internet [2]. El uso de tecnologías como el IoT es cada vez más relevante en las principales áreas de aplicación, incluida la automatización de fábricas, las ciudades inteligentes, diversas aplicaciones en el hogar, agricultura, centros de salud, medio ambiente y transporte, entre otros [3], [4].

Uno de los temas más importantes en los sistemas basados en IoT, plataformas ``Smart Cities`` y sensores inteligentes han surgido de abordar de manera innovadora los principales desafíos de la vida cotidiana, un ejemplo claro es el tema del manejo de los residuos orgánicos producidos por las mascotas. Estos retos pueden variar desde el costo y la eficiencia energética hasta la disponibilidad y la calidad del servicio.

El objetivo general de este trabajo consistió *Diseñar un dispensador de bolsas electrónico microcontrolado y un sistema de información haciendo uso del Internet de las Cosas (IoT), para la asistencia en la recolección de heces de mascotas en espacios públicos.* Entre los objetivos específicos se definió: *Diseñar los módulos electrónicos, mecánicos e informáticos del dispensador con base a los requerimientos técnicos y funcionales. Implementar el diseño de un prototipo que permita la verificación del rendimiento de los sistemas electrónicos y computacionales. Desarrollar una herramienta computacional en la nube que permita el monitoreo y la adquisición de los datos generados por sensores y la gestión de dispositivos y usuarios del sistema.*

Este trabajo se centra tanto en los aspectos de diseño como de implementación en la aplicación de sistemas que aporten en el desarrollo de ciudades inteligentes habilitadas por redes de sensores inalámbricos (WSN) y otras tecnologías presentes en la era del IoT, siendo una tecnología clave que permite y debe ser lo suficientemente inteligente para

ofrecer múltiples beneficios sostenibles y viables de los paradigmas emergentes de ciudades inteligentes.

El contenido de este trabajo está dividido por capítulos, donde se abordan diferentes temáticas. En el capítulo 2 ANTECEDENTES se exploran los dispositivos conectados al IoT para la recolección de desechos, se muestran sistemas para el almacenamiento de heces de mascotas. En el capítulo 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN se describe la situación actual frente a la disposición final de estos residuos y diferentes adversidades que hay en la sociedad, además se realiza la justificación. En el capítulo 4 REFERENTE TEÓRICO se dan a conocer las diferentes teorías necesarias para la investigación. En el capítulo 5 OBJETIVOS se mencionan el objetivo general y los objetivos específicos. En el capítulo 6 METODOLOGÍA se mostrarán las diferentes técnicas utilizadas en la investigación. En el capítulo 7 RESULTADOS se evidenciarán los resultados hallados a lo largo del desarrollo de esta tesis, en el capítulo 8 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS se analizan y discuten estos hallazgos. Finalmente, capítulo 9 CONCLUSIONES se tienen las conclusiones. En la parte final del documento, se presentan las referencias bibliográficas.

2 ANTECEDENTES

Para elaborar los antecedentes se tuvieron en cuenta las siguientes líneas: En la primera etapa se realizó una búsqueda de antecedentes sobre los sistemas de recolección nacionales e internacionales y finalmente sobre tecnologías, entre las cuales se hallaron RFID (Identificación por Radiofrecuencia), IoT (Internet de las Cosas), GIS (Sistema de información Geográfica), GPS (Sistema de posicionamiento Global), GSM (Sistema global para las comunicaciones móviles).

2.1 DISPENSADORES DE BOLSAS PLÁSTICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE HECES CANINAS.

Antecedentes en Colombia

En Colombia, se han desarrollado diferentes proyectos asociados a dispensadores de bolsas plásticas, la Alcaldía de Manizales en 2015 “Los dispensadores ubicados en parques y zonas verdes de la ciudad generan un consumo de alrededor de 37 mil bolsas mensuales” [5], más las bolsas negras que compran los propietarios de mascotas de dimensiones superiores a 30cm x 30cm, las cuales son de un gran tamaño en comparación al volumen de heces generadas por los perros [6].

Manizales, es el caso más relevante, inicialmente en el año 2014 se tenían referenciados 40 puntos fijos, críticos en la ciudad y que en su mayoría son parques, donde por lo general sacan los animales a pasear en horas de la mañana o de la noche [7]. En el año 2015 se instalaron 55 dispensadores adicionales para completar en total 95 en toda la ciudad (Figura 1).

Figura 1 Dispensador de bolsas plásticas Manizales



Fuente: Tomado de [8]

Ese mismo año en Bucaramanga gracias al interés del Alcalde Social, Luis Francisco Bohórquez Pedraza de preservar y cuidar los parques, apoyado por equipo de la Red Protectora de Parques, bajo la dirección de la Gestora Social, Glenys Pedraza Santamaría, 20 parques empezaron a contar con dispensadores de bolsas (PETBOX, Figura 2) para recoger los desechos de las mascotas, estos generaron compromiso en la comunidad, haciendo que lleven a sus mascotas y recojan los desechos en el sistema [9].

Figura 2 Dispensador bolsas plásticas Bucaramanga



Fuente: Tomado de [9]

Otro antecedente encontrado a nivel nacional fue en Bogotá, donde se han desarrollado diferentes proyectos, por mencionar algunos, un profesor universitario “cansado de ver el parque del conjunto residencial Lagos de Córdoba lleno de excrementos de perros, instaló un dispensador casero de bolsas plásticas gratuitas (Figura 3), hecho con botellas de gaseosa” [10].

Figura 3 Dispensador bolsas plásticas Bogotá



Fuente: Tomado de [10]

Antecedentes internacionales:

A nivel internacional, se encontraron los siguientes antecedentes:

Uruguay: Dispensadores de bolsas de nylon para depositar los excrementos de las mascotas en Punta del Este. Se llevó a cabo un plan de limpieza urbana, iniciativa liderada en conjunto por el municipio en coordinación con la dirección general de Higiene de la Intendencia de Maldonado, estos modernos dispositivos (ver Figura 4) cuentan con un set de instrucciones en su propio equipamiento urbano [11]. La utilidad de esta referencia en el proyecto es la aplicación dada al dispensador de bolsas.

Figura 4 Dispensador de bolsas plásticas Punta del Este, Uruguay



Fuente: Tomado de [11]

Argentina: El proyecto fue avalado por la mayoría de los concejales de la comisión de salud del Concejo Deliberante cordobés; su objetivo fue motivar a los paseadores de perros y personas que caminan con sus mascotas, a levantar sus heces de calles y veredas contando con un dispensador de bolsas plásticas (Figura 5), que permita levantar la caca del animal y puedan contar con un "dispenser" para abastecerse de las mismas [12]. Este antecedente brinda opciones con el fin de desarrollar el mecanismo de suministro de bolsas del dispositivo.

Figura 5 Punto Can Córdoba, Argentina



Fuente: Tomado de [12]

España: Se implementaron unos dispensadores de bolsas para recoger heces de perro en San Sebastián de La Gomera en Santa Cruz de Tenerife, fueron instalados con las papeleras situadas en distintas zonas de la localidad (Figura 6). El objetivo principal de dicho proyecto fue suministrar los medios para que los dueños de los canes puedan recoger las heces de sus mascotas, así mismo, crear consciencia sobre la importancia de levantarlas del suelo, ayudar a los propietarios de perros a evitar sanciones; por otro lado, la solución facilita la recolección y eliminación de los restos, contribuyendo a mantener libres de excrementos las zonas próximas a ellas [13].

Figura 6 Dispensador de bolsas plásticas San Sebastián de La Gomera



Fuente: Tomado de [13]

España: Papeleras especiales para excrementos caninos en Manzanares (Figura 7). Están dotadas de un contenedor para depositar las heces y un dispensador de bolsas para la recolección de las mismas, su objetivo general es prevenir la presencia de excrementos caninos en lugares no permitidos (parques, vía o zonas públicas), fueron instaladas en lugares donde concurren muchos propietarios con sus perros, además, realizaron campañas de vigilancia, distribución de folletos y carteles informativos sobre este asunto mostrándole a la sociedad la necesidad y obligatoriedad que marca la Ordenanza Municipal.

Figura 7 Papeleras especiales para excrementos caninos en Manzanares



Fuente: Tomado de [14]

2.2 CANECAS INTELIGENTES PARA BASURA

En el componente tecnológico se han encontrado diversos antecedentes, a nivel nacional se halló un trabajo realizado por un semillero de investigación de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, el cual consistió en “implementar una caneca inteligente (Figura 8) basada en la generación de un sistema de decodificación recolectora de heces caninas abastecidas por energía solar buscando modernizar este hábito mediante una campaña educativa y de concientización, en los principales espacios públicos de la ciudad” [15].

Figura 8 Caneca inteligente, Bogotá



Fuente: Tomado de [15]

Dicho sistema tiene un sistema de identificación de usuarios mediante radiofrecuencia (RFID), el cual si el usuario se encuentra registrado un servomotor abrirá la tapa del contenedor. La aplicación de esta referencia en el trabajo se relaciona en el uso de la Identificación por Radiofrecuencia (RFID) y el sistema de potencia.

En [16], el organismo de investigación Hal-Inria publicó un artículo que propone un método para mejorar la calidad de la clasificación selectiva, se enfocaron en el rastreo del flujo de residuos de una ciudad. Cada desperdicio cuenta con una tarjeta RFID, el sistema lee la información almacenada, mejorando la calidad de los productos reciclables. Los objetivos principales son reducir la producción de basura, garantizar que los desechos sean correctamente dispuestos, reciclaje y reutilización del producto desechado.

En [17] se presenta la complementación de un sistema de tres canecas para diferentes desechos (Papel, Plástico y Metal, ver Figura 9) la intencionalidad de dicho proyecto era evaluar la efectividad de un sistema NFC (Comunicación de campo cercano, es una tecnología de comunicación inalámbrica, de corto alcance y alta frecuencia que permite el intercambio de datos entre dispositivos en el manejo de basura. Este antecedente es importante porque permite conocer la viabilidad en el uso de tecnologías de comunicación inalámbrica.

Figura 9 Caneca inteligente, Hong Kong



Fuente: Tomado de [17]

En el año 2017, según [18] propusieron una caneca inteligente basada en el Internet de las Cosas (IoT), su principio de funcionamiento está relacionado con el uso de un sensor de ultrasonido, este permite determinar el volumen ocupado, cuando se llenaba una Raspberry PI enviaba una alerta y posteriormente los recolectores de basura recibían la ubicación y finalmente programaban la visita para realizar el proceso de vaciado. Este dispositivo mantiene separados los residuos secos respecto a los húmedos, gracias a la implementación de un sensor de humedad; la última funcionalidad del dispositivo es un módulo de control de potencia de los sensores, el cual mediante un sensor PIR (sensor infrarrojo pasivo) detecta actividad, si hay una detección se activarán los sensores a través de un relé, de lo contrario se desactivarán y se ahorrará energía. Este antecedente permitió obtener información para la selección de los sensores.

También en 2017, los autores [19] presentan un enfoque sobre la gestión de la infraestructura física y los componentes de software que forman un sistema inteligente de administración de basuras (SWM) y permiten su interacción con otros servicios y aplicaciones de ciudades inteligentes, se describe una interconexión entre sensores y servicios informáticos en la nube a través del protocolo LoRaWAN y el uso de esa información por parte de un sistema externo. Esta referencia contribuye a la viabilidad del protocolo LoRaWAN.

En [20], los autores detectaron la necesidad de desarrollar un sistema eficiente que pueda eliminar este problema o al menos reducirlo al nivel mínimo, propusieron un sistema de gestión de residuos sólidos basado en IoT que permite el monitoreo de contenedores de basura, la programación dinámica y el enrutamiento de camiones recolectores de basura en una ciudad inteligente. Este antecedente es importante para el desarrollo de la presente investigación porque da bases sobre sistemas de monitoreo en tiempo real de contenedores de basura y el envío de datos a la nube.

En [21], los investigadores detectaron una necesidad implícita de contenedores de basura inteligentes, debido a que la urbanización en India se está expandiendo rápidamente pero la

infraestructura no estaba creciendo al mismo ritmo; en este artículo se desarrolló un basurero que cuenta con un microcontrolador y sensores, el sistema envía la información en tiempo real sobre el estado del contenedor de basura, como el nivel, la basura arrojada, el olor, el humo, el fuego, etc., se muestra el estado de cada depósito de basura en una pantalla LCD. Esta referencia contribuye en la selección del microcontrolador el cual fue utilizado.

En [22] se propone que la futura adopción de tecnologías de Internet se ve mejorada por el protocolo de Internet, que proporciona varios sensores (por ejemplo, sensores inalámbricos) a un sistema de IoT. Esta referencia permite conocer diferentes protocolos implementados dentro de la solución propuesta.

En [23] se propone un enfoque basado en IoT para el monitoreo de basura y su eliminación utilizando sensores ultrasónicos y detector de gas natural y metano (MQ4). Este enfoque busca asegurar la eliminación adecuada de la basura y la restauración de un ambiente verde y saludable, además de ofrecer un método más conveniente y eficiente a la hora de recolectar las basuras en las grandes ciudades de la India, donde, la generación de residuos es tan alta que crea una crisis si el recolector de basura no visita un barrio durante un par de días. Este enfoque se basa en un sensor ultrasónico que comprueba el nivel de basura arrojada en los contenedores biodegradables y no biodegradables, mientras que los sensores MQ4 comprueban el nivel de olor en el contenedor biodegradable. Después de cruzar el umbral en el contenedor inteligente no biodegradable, la información se envía a la corporación municipal para la eliminación de la basura, esto gracias a una aplicación conectada a la red.

Durante el 2019, en [24] presentaron los resultados de su investigación realizada en India, plantearon un sistema inteligente que monitorea la caneca de basura y proporciona su estado en tiempo real. El área problemática de este trabajo se da en la India no obtienen información en tiempo real sobre los basureros. Implementaron un sistema basado en Internet de las cosas (IoT) que puede enviar un mensaje a las empresas de basuras sobre el nivel de desbordamiento y toxicidad de los contenedores de basura, además, cuenta con un

sitio web para supervisar los datos relacionados con los basureros, cuenta con un Arduino, sensores de ultrasonido y de gas, los cuales miden los niveles de basura y toxicidad, se comunican con la página web mediante un módulo GSM.

En [25], los autores realizaron un trabajo investigativo en el cual mencionan la importancia de la limpieza en las ciudades modernas, actualmente hay un desborde de basuras en las áreas públicas que ocasionan condiciones antihigiénicas que producen enfermedades a la población. Buscando evitar todas estas problemáticas. Además, proponen la modernización de los contenedores y la gestión de basura haciendo uso del IoT mediante un sistema de gestión inteligente con sensores ultrasónicos que miden el nivel de basura y protocolo LoRa que ayuda a disminuir el presupuesto general y aumenta la distancia de comunicación, todos los datos recolectados serán enviados a un sistema de información. Este antecedente es valioso porque da validez a la arquitectura propuesta.

En [26], los autores propusieron un diseño para la segregación y monitoreo de los residuos haciendo uso de Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) en busca de administrar la recolección de residuos, también hablan de la importancia de este tipo de proyectos para mantener limpio el medio ambiente, hoy en día, se observa que esto es un problema en la sociedad. Se hace necesario una solución que permita una recolección eficaz, se plantea un sistema embebido basado en el IoT que monitorea la cantidad de residuos depositados a través de una plataforma integrada donde se muestra la segregación y seguimiento de residuos. En la fase de segregación se separan los desechos secos y húmedos y en el monitoreo se miden los niveles de los contenedores con sensores, se hace uso del protocolo MQTT a través del IoT para la mensajería de los sistemas integrados y sensores. Este antecedente es importante porque permite corroborar la viabilidad de la solución propuesta.

2.3 APROVECHAMIENTO DE LAS HECES CANINAS

En los últimos años se han desarrollado cada vez más proyectos de carácter ambiental con componentes tecnológicos; aunque la mayor parte de las investigaciones en sistemas de

recolección se han centrado en solucionar los problemas asociados a otros tipos de desperdicios. Con el propósito de analizar la disposición de las heces caninas, se encontró en Estados Unidos un proceso exitoso en el aprovechamiento de estos residuos, el proyecto Park Spark el cual fue instalado en un parque de la ciudad de Cambridge Massachusetts [27], en la Figura 10 se muestra el parque en el cual fue instalado el sistema.

Figura 10 Park Spark



Fuente: Tomado de [27]

En la Figura 11, se muestra un usuario depositando las heces de su perro recogidas en una bolsa biodegradable que es suministrada en el parque, posteriormente, gira la rueda para revolver las entrañas que contienen sus residuos y agua, los microbios presentes en las deposiciones caninas emiten metano que alimenta a las lámparas a través de los tanques.

Figura 11 Generador de metano



Fuente: Tomado de [27]

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA

Según [28], en Manizales desde el año 2014 se han instalado 93 dispensadores de bolsas plásticas, debido a que los animales de compañía en las áreas urbanas, producen residuos biológicos (heces caninas) lo que usualmente conllevan un importante uso de dichas bolsas para su recolección. Así mismo, las administraciones de otras ciudades con el ánimo de gestionar dicha situación, han implementado una serie de estrategias como: dispensadores de bolsas plásticas en los parques o biorreactores (Convierten las heces en gas) tal como se observa anteriormente en la sección ANTECEDENTES hace uso de ese gas para producir iluminación.

Específicamente en la ciudad de Manizales, según las consultas realizadas en [28], [29] y [30], el enfoque tomado por la Alcaldía ha tenido poco éxito, esto tiene como origen los siguientes aspectos:

- Las personas usan las bolsas para fines diferentes a la recolección de heces [28].
- Muchos usan el depósito del dispensador para otro tipo de desechos ocasionando que las personas no recojan las heces porque usualmente olvidan sacar bolsas para recogerlas, el estudio realizado en la presente investigación mostró que un 69.6% de las personas encuestadas ha pasado por esta situación. Por otro lado, los dispensadores ya no tienen bolsas, los usuarios recogen las heces, pero no realizan una adecuada disposición de las mismas por estar el depósito lleno.
- Las personas dejan las heces en el suelo porque usualmente olvidan sacar bolsas para recogerlas, provocando malos olores como lo afirman el 89.2% de las personas encuestados en un estudio para justificar la presente investigación.
- A tener en cuenta, está el hecho de que el depósito de dichos dispensadores se encuentra destapado (ver Figura 12), y por lo tanto produce olores desagradables para las demás personas que frecuentan los parques [30].

Figura 12 Dispensador de bolsas para recolección de heces caninas, Manizales



Fuente: Tomado de [30]

Otro aspecto asociado con la tenencia de mascotas en las áreas urbanas, es el subregistro de los animales de compañía, lo más cercano a un censo de canes fue el registro de vacunación realizado en 2017 [31]. Actualmente no existen incentivos ni mecanismos para que las personas asistan a registrarse con sus mascotas a las entidades encargadas de las políticas relacionadas.

3.2 JUSTIFICACIÓN

Para realizar el presente trabajo existen diversas motivaciones, entre las cuales se puede mencionar la importancia académica que representan los proyectos de investigación aplicada dentro de las instituciones universitarias, ya que deben ser entendidas como epicentro de donde surjan ideas que den respuesta a los problemas de la sociedad, no como un generador aislado de nuevas publicaciones científicas cuyos intereses no van más allá de los que abarcan la investigación básica.

Desde el punto de vista del investigador, el problema planteado resulta de gran interés por su novedad en cuanto a la ausencia parcial de soluciones para el mismo como se evidenció en la sección ANTECEDENTES, lo que avizora gran potencial en la creación de beneficios por propiedad intelectual y/o emprendimiento, además, de constituir un camino para el desarrollo académico del investigador.

Por otro lado, el desarrollo exitoso de este proyecto trae beneficios de tipo social, sanitario y ambiental al convertirse en una alternativa para solucionar los conflictos entre los propietarios de las mascotas y las personas que no tienen, los cuales son generados por las deposiciones fecales de perros en las zonas verdes de los edificios, parques, espacios públicos, entre otros lugares de las ciudades, este dispositivo ayudará a conservar las zonas anteriormente mencionadas más limpias e indiscutiblemente disminuirían los problemas anteriormente mencionados, más aún, se mitigaría la proliferación de bacterias o enfermedades y se mejorarían las condiciones de dichos espacios para sus usos alternativos de esparcimiento.

Por lo que se refiere al punto de vista ambiental, una solución que disminuya el uso indiscriminado de bolsas plásticas en la recolección traería evidentes beneficios, por ejemplo, “reducir los más de ocho millones de toneladas de plásticos que ingresan a los océanos cada año” [32], además, en [33] mencionan que en el año 2018 se superaron las metas establecidas en la Resolución 668 de 2016 [34], que contemplaba una reducción del 10% para el año 2017, alcanzando un 30%, evitando la implementación de nuevas leyes más rigurosas para los ciudadanos.

Este dispositivo fusiona métodos tradicionales de suministro de bolsas plásticas, integra tecnologías (identificación por radiofrecuencia (RFID) y el Internet de las Cosas (IoT), las cuales permitirán a los municipios tener información sobre los propietarios y sus mascotas, así mismo, se podrán evitar hechos, como los mencionados en [28] donde los “cuidadores de perros se quejan de la falta de bolsas en los dispensadores”, sin importar que la Alcaldía de Manizales asegure que cada mes se entregan los rollos.

Cabe mencionar, que las principales ventajas de la puesta en marcha de este dispositivo consistirán en permitir a las diferentes entidades usuarias del sistema saber cuántas bolsas tienen que asignar en cada dispensador, podrán destinar un número de bolsas diarias con base en el número de usuarios dentro del sistema, más aún, ayuda en el tema presupuestal al tener datos que soporten la compra de bolsas, finalmente podrán saber cuáles dispensadores están llenos, para así programar rutas que reduzcan tiempos de recolección.

Al realizar una búsqueda de antecedentes preliminar (ANTECEDENTES) se evidenció que hay poca diversidad de aplicaciones que den solución a esta problemática de forma amigable, viéndose afectado el medio ambiente, por lo tanto, resulta innovador realizar una investigación sobre las alternativas de diseño para un sistema de recolección de heces de mascotas con estas características, y que como resultado se obtenga un prototipo funcional y susceptible de ser masificado y comercializado.

Este proyecto tiene diversos beneficiarios entre los cuales se pueden mencionar los municipios, personas propietarias de perros y el medio ambiente. Finalmente, con el conocimiento adquirido, se puede generar dentro de la institución nuevas líneas de investigación en Internet de las Cosas (IoT), enfocándolas hacia investigación aplicada que solucione problemas reales de ciudadanía a través de la creación de nuevas empresas o spin-off.

4 REFERENTE TEÓRICO

En el presente capítulo se tratan componentes teóricos necesarios para dar cumplimiento a los objetivos de este trabajo, entre ellos se tienen aspectos asociados al Internet de las Cosas (IoT), identificación por radiofrecuencia (RFID), dispensadores electrónicos; también se abordan los temas de diseño electrónico y mecánico, sistemas de potencia para el funcionamiento del dispositivo. Finalmente, se describen los diferentes tópicos informáticos.

4.1 SISTEMAS EMBEBIDOS

Según [35], es “cualquier dispositivo que incluye un computador programable, pero en sí mismo no es una computadora de propósito general”. Pueden cumplir funciones dedicadas, por ejemplo:

- Embebidos en industria automotriz: navegador GPS, control electrónico de inyección de combustible, Sistema de frenos antibloqueo, de la aviación: piloto automático, control de aterrizaje.
- Embebidos en telecomunicaciones: routers, módems.
- Embebidos en comunicaciones: teléfonos celulares.
- Embebidos en el hogar: control de refrigeradores, microondas, robots que aspiran, cortan pasto.

4.1.1 Microcontrolador (MCU – Microcontroller Unit)

Según [36], los microcontroladores constituyen sistemas informáticos de un solo chip y, como en todos estos, consisten en:

- Unidad central de procesamiento (CPU).
- Memoria.
- Dispositivos periféricos de Entrada y Salida(E/S).

Las MCU pequeñas (es decir, dispositivos de 8 bits) regularmente no ejecutan un sistema operativo en tiempo real (RTOS). Una aplicación de firmware desarrollada por el diseñador puede obtener un control total sobre los elementos del hardware. El código se guarda en la memoria del programa, y debido a que se busca que el código de la aplicación quede almacenado en la memoria incluso cuando se apaga la alimentación, este tipo de memoria también se conoce como memoria no volátil (NVM).

Según [37], los MCU se han convertido en una solución común en los cerca de treinta años desde su introducción. Han reemplazado todos los componentes mecánicos y electromecánicos en el área de control sobre las actividades del mundo real. Para las aplicaciones ahora controladas por microcontroladores, las funciones de control en ellas ahora son mucho más funcionales, confiables y económicas.

Para el desarrollo del proyecto se seleccionó el ATmega32U4, es un microcontrolador de 8 bits de la empresa Microchip, basado en la arquitectura AVR RISC. Puede ejecutar instrucciones en un solo ciclo de reloj, logrando rendimientos cercanos a 1 millón de instrucciones por segundo (1 MIPS), permitiéndole al diseñador del sistema optimizar el consumo de energía en comparación con la velocidad de procesamiento [38].

Tabla 1 Especificaciones del microcontrolador ATmega 32U4

Atributo	Valor
Tipo de encapsulado	TQFP
Tipo de montaje	Superficial
Tipo de memoria	Flash
Frecuencia máxima	16 MHz
SRAM (B)	2.5 kB
Periféricos comunicación digital	1- UART, 2-SPI, 1 I ² C
Resolución ADC	10 bits
Unidades ADC	1

Canales PWM	14
Resolución PWM	8 bits, 10 bits, 16 bits
Temporizadores	2 x 8 bits, 2 x 16 bits
Número de pines	44

Fuente: Tomada de [38]

Entre las principales características de este microcontrolador se pueden mencionar:

- Cumple totalmente con la especificación de bus serie universal USB Rev. 2.0.
- Admite tasas de transferencia de datos de hasta 12 Mbit/s y 1,5 Mbit/s.
- Interrupciones para suspender / reanudar.
- Operación sin cristales para el modo de baja velocidad [38].

4.2 INTERNET DE LAS COSAS (IoT)

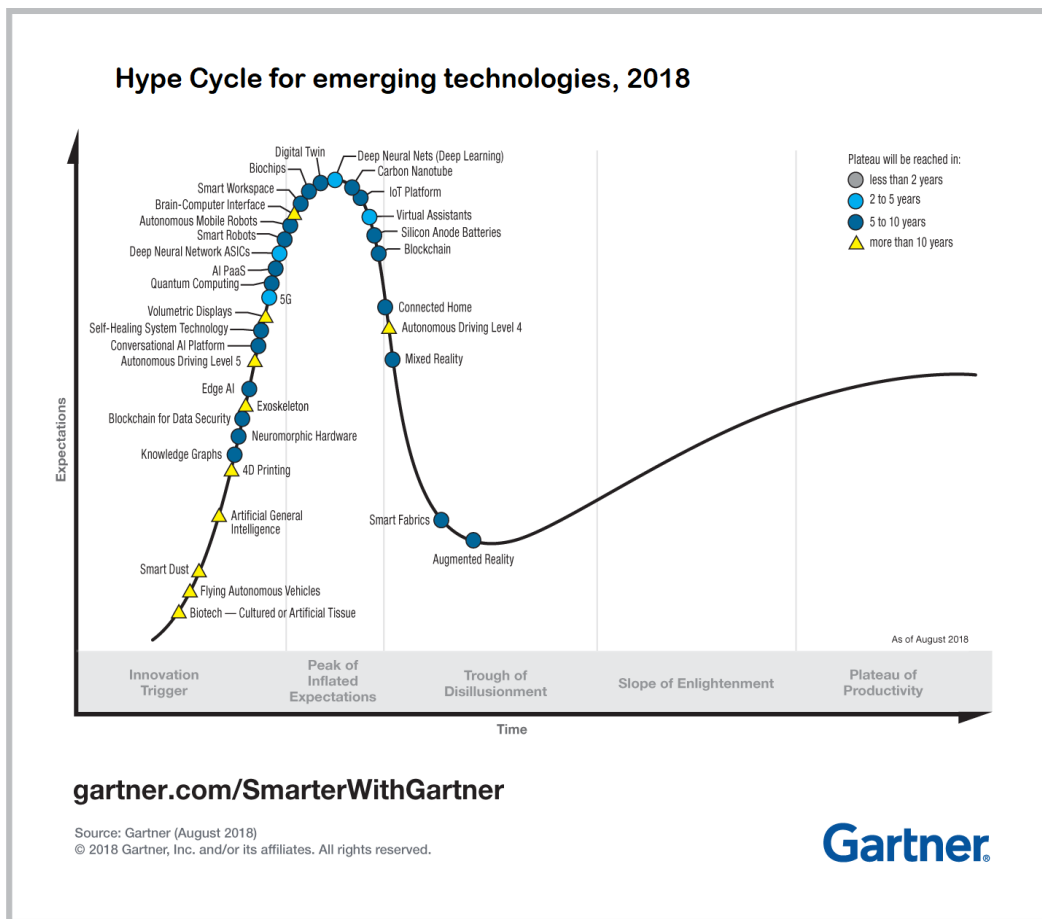
El Internet de las cosas (IoT) es un área de aplicación de los sistemas embebidos, que buscan el uso del Internet como medio de comunicación entre dispositivos, máquinas y otros objetos, en resumen, para intercambiar información sobre su estado de operación sin necesidad de intervención de un usuario humano [39].

Dicho concepto se remonta al año 1999, cuando en el Instituto de Tecnología (MIT) específicamente en el Auto-ID Center, se trabajaba en conceptos novedosos, relacionados con el campo de identificación por Radiofrecuencia frecuencia en red (RFID) y otras tecnologías de sensores emergentes, en colaboración con los laboratorios de investigación de otras siete universidades ubicadas en cuatro continentes, seleccionadas por Auto-ID Center para la diseñar la arquitectura del IoT [40].

Hoy por hoy el IoT sigue siendo un campo relativamente nuevo y complejo cuya estandarización sigue en proceso de evolución tal como se menciona en [41], esta premisa conlleva grandes retos en el proceso de investigación del presente proyecto, debido a la gran cantidad de protocolos y posibilidades para desarrollar la funcionalidad requerida. En

el futuro se espera que IoT al ser una tecnología emergente tendrá un pico de impacto y de adopción en el mercado [42], se pronostica que esto ocurrirá en un tiempo de entre cinco y diez años a partir de ahora, tal como se muestra en la Figura 13 .

Figura 13 Análisis del “Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018” de Gartner



Fuente: Tomada de [43]

4.2.1 Propiedades De Las Cosas En El IoT

En la literatura se encuentran propiedades para las cosas en el IoT con diferentes nombres, pero con el mismo significado. En esta sección, se enumeran las propiedades que mejor describen las cosas en el IoT, en [44] se mencionan las siguientes:

4.2.1.1 Identificación

Propiedad que se remonta a las visiones iniciales del IoT, donde cada objeto estaba destinado a incluir una etiqueta de identificación por radiofrecuencia (RFID) que permite su identificación única, estas tarjetas pueden leerse de forma inalámbrica mediante la consulta de dispositivos y se utilizan para obtener información relacionada con objetos administrados desde servidores back-end en red, esta identificación debe estar basada en números, nombres o direcciones [45 – 47].

4.2.1.1.1 Ubicación y seguimiento

A medida que grandes cantidades de objetos se conectan al IoT, y siempre que puedan identificarse de forma única, se rastrearán los objetos individuales, su condición y ubicación se comunicarán en tiempo real a un servicio de nivel superior, brindando información precisa sobre el estado, la identidad de las cosas, permitiendo una toma de decisiones más inteligente y adopción de medidas adecuadas basadas en datos obtenidos instantáneamente. Los conceptos de IoT se han visto aplicados en diferentes áreas que van desde logística, transporte y seguimiento de activos, hasta energía, defensa y agricultura. En definitiva, IoT tiene el potencial suficiente para influir significativamente en todas las facetas de la sociedad [48].

4.2.1.1.2 Instrumentación – Detección

Propiedad relacionada a la habilidad de las cosas para adquirir datos desde su entorno. Las redes de sensores inalámbricos abarcan varios aspectos de la vida cotidiana y tienen aplicaciones tecnológicas para proporcionar avances significativos y optimizar el rendimiento, así mismo, se han utilizado en diferentes soluciones, como el monitoreo médico de las funciones corporales, la recopilación de variables ambientales como la temperatura y la presión, las situaciones de gestión de desastres como los terremotos [49].

4.2.1.2 Actuadores

Por medio de actuadores, las cosas pueden influenciar su entorno [48]. Estos pueden operar con base a los datos adquiridos por sensores que se comunican enviando la información recolectada a través de internet, almacenando, analizando y procesando datos [50].

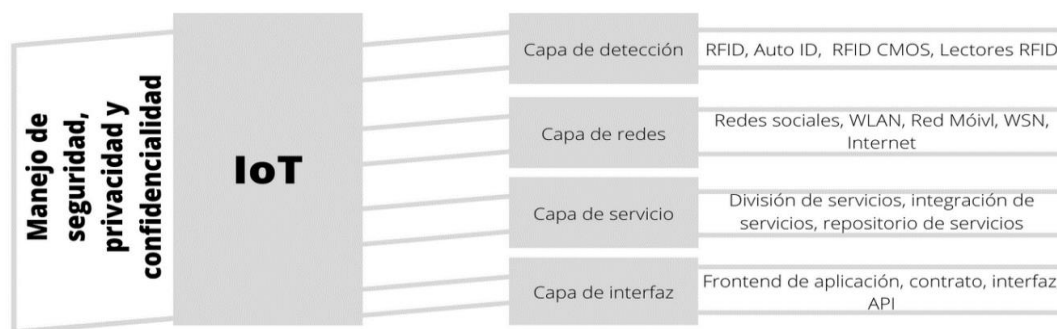
4.2.1.3 Procesamiento

En [51] se define la propiedad de procesar datos y ejecutar comandos. La información se adquiere a través de sensores y los actuadores permiten la interacción con el mundo físico, convirtiendo a los objetos no solamente en proveedores de información sino también de servicios [44], [52].

4.2.2 Arquitectura Del IoT

El IoT tiene como objetivo correlacionar dispositivos a través de la red, la arquitectura estructural contiene protocolos de comunicación, objetos inteligentes, seguridad, escalabilidad e interoperabilidad entre dispositivos heterogéneos (Figura 14).

Figura 14 Representación pictórica de la arquitectura del IoT



Fuente: Tomada de [4]

- **Capa de detección:** La tarea más importante en un sistema IoT es la detección, esta se realiza a través de nodos de sensores inteligentes y RFID. En esta capa de un sistema IoT, las redes de sensores inalámbricos (WSN) o tags RFID se adaptan

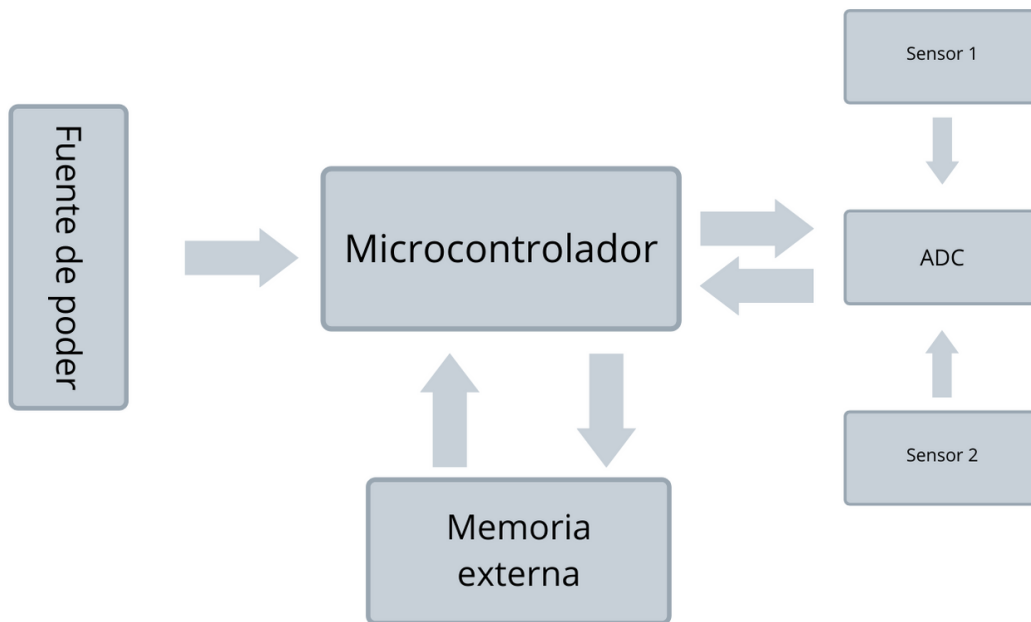
fácilmente por el sentido del diseño y la información de intercambio entre las cosas disímiles [4].

- Capa de servicio: Consiste en incluir especificaciones del middleware diseñado industrialmente por diferentes grupos. La tecnología de middleware produce una plataforma rentable para aplicaciones basadas en el IoT donde el hardware, así como plataformas de software pueden ser reprocesadas. El descubrimiento y composición de servicios, la gestión de la confiabilidad y las API de servicios son algunos de los componentes de esta capa [4].
- Capa de interfaz: En IoT, la gran cantidad de dispositivos ocupados fueron preparados por industrias diferentes y las empresas, además, no permiten los mismos protocolos de red, como resultado, hay diferentes cuestiones planteadas en dispositivos de comunicación, intercambios de información entre dispositivos/objetos disimilares [4].

4.2.3 Redes De Sensores Inalámbricos (WSN)

Sistemas distribuidos compuestos por dispositivos autónomos pequeños, están equipados con una batería, un microcontrolador con una pequeña cantidad de memoria, una interfaz de radio y uno o más sensores (Figura 15); su principal función es permitir obtener nuevos conocimientos sobre el mundo físico en el que se implementan para aumentar el control humano sobre él. Estos nodos pueden percibir el ambiente y comunicar la información recolectada del campo monitoreado por medio de un enlace inalámbrico, sobresalen por su capacidad de facilitar la toma automática de decisiones [53].

Figura 15 Nodo de sensores



Fuente: Autor

En las WSN, los nodos son dispositivos simples y de baja complejidad, cada uno de ellos puede ser destino o fuente de información, pero no ambos, algunos de ellos no cumplen con el rol de enrutadores. Las WSN no son un caso específico de redes inalámbricas ad-hoc, es por ello que se debe tener mucho cuidado al aplicar protocolos o algoritmos buenos para redes ad-hoc en una WSN, sin embargo, se han convertido en una tecnología importante para una amplia variedad de aplicaciones que van desde monitoreo médico, militar y ambiental, se han creado una serie de iniciativas que investigan cómo tales tecnologías pueden hacer que las ciudades sean más eficientes y más cómodas para los ciudadanos [54].

4.2.3.1 Descripción general de la red inalámbrica (WSN)

Las redes inalámbricas están orientadas a un objetivo en específico, el cual se enfoca en monitorear algo, es por ello, que las WSN pueden ser llamadas redes inalámbricas orientadas a objetos, se relaciona con el proceso de detección. Este tipo de redes puede cubrir tanto áreas pequeñas, como grandes. El tamaño del área de investigación se debe a

los grandes avances en las redes inalámbricas y sus aplicaciones. Últimamente, las redes inalámbricas han ganado popularidad, esto se debe a que los usuarios prefieren conexiones inalámbricas independientemente de su posición geográfica. Estas redes permiten que los usuarios se puedan comunicar y transferir información, sin la necesidad de tener un cable de por medio. La Tabla 2 muestra una simple comparación entre las características de las redes tradicionales y sensores de redes inalámbricas [55].

Tabla 2 Comparación red tradicional y red de sensores inalámbricos

Redes Tradicionales	Redes de sensores inalámbricos
Diseño de uso general, sirve para diferentes aplicaciones	Diseño de único propósito, sirve para funciones específicas
La energía no es una preocupación mayor, en cambio, la latencia de la red y latencias si lo son	La energía es la principal limitación en el diseño de todos los componentes de nodo y de red
Las redes están diseñadas y fabricadas de acuerdo a planes	La estructura de red, el despliegue y el uso de recursos se realizan sin planificación
Los dispositivos y redes operan en ambientes controlados y suaves	Las redes de sensores operan a menudo en condiciones ambientes difíciles
El mantenimiento y reparación son trabajos comunes y de fácil acceso	El acceso físico a los nodos de sensores es a menudo difícil o incluso imposible
Los fallos en componentes se solucionan mediante el mantenimiento y reparación	El fallo de un componente se asocia en el diseño de la red
La obtención de conocimiento global sobre la red suele ser posible y la gestión centralizada también	La mayoría de las decisiones son localizadas y se toman sin el apoyo de un gestor central

Fuente: Tomada de [55]

4.2.4 Seguridad Del IoT

4.2.4.1 *Protocolo de transporte de Telemetría de Cola de Mensajes (MQTT)*

Como se indica en [56], el transporte de telemetría de la cola de mensajes (MQTT) es un protocolo utilizado para la comunicación dentro de un entorno IoT que funciona sobre el Protocolo de control de transporte. Fue creado por IBM como un método de comunicación ligero de máquina a máquina (M2M), utiliza cadenas de caracteres para brindar soporte a temas jerárquicos [57].

En [51] se define MQTT como un protocolo de mensajería que utiliza el modelo de comunicación publicación-suscripción, donde los propios clientes no requieren actualizaciones, provocando a su vez una reducción de los recursos utilizados, lo que hace que este modelo sea óptimo para su uso en un entorno de bajo ancho de banda, fue diseñado para comunicación asíncrona. Al conectarse un cliente, si éste desea recibir publicaciones bajo un tópico, lo hace saber al bróker mediante un mensaje Subscribe. Una vez que el bróker acepta la suscripción, las publicaciones que correspondan al tópico serán enviadas al cliente suscrito [58].

Como resultado [59], plantea un caso de uso muy sencillo relacionado a la vida cotidiana, si su proyecto es dejar que el refrigerador se comuniqué con el termómetro para adaptar la bomba del motor, puede usar el MQTT fácilmente. Así mismo, se encontraron las siguientes aplicaciones de este protocolo:

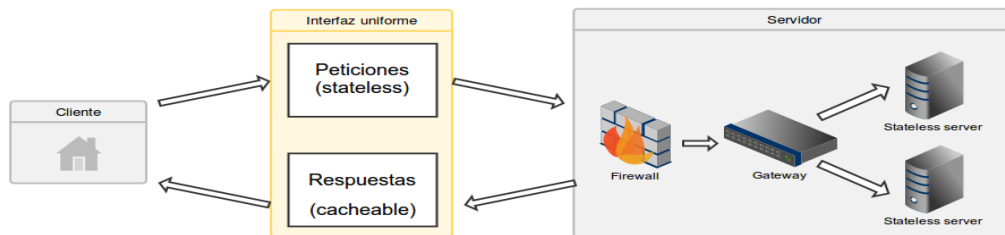
- Estimación de la pérdida de mensajes y demora de extremo a extremo de la aplicación en IoT [60].
- Diseño e implementación de un sistema confiable de transmisión de mensajes en IoT [61].
- Plataforma abierta de IoT para la gestión y análisis de datos energéticos [62].
- Generación dinámica de puentes para el intercambio de datos de IoT [63].
- Sistema de control de salud para signos vitales utilizando IoT [64].

Este protocolo es una buena opción para redes inalámbricas que experimentan variaciones en niveles de latencia [65].

4.2.4.2 Protocolos de aplicación restringido (CoAP)

Es un protocolo de transferencia para nodos y redes restringidos, que forman parte del IoT, al igual que su predecesor más antiguo y más pesado (HTTP), CoAP utiliza el estilo arquitectónico REST (Figura 16) al mismo tiempo pretende alcanzar sus modestos objetivos con una complejidad considerablemente menor [66].

Figura 16 Arquitectura REST



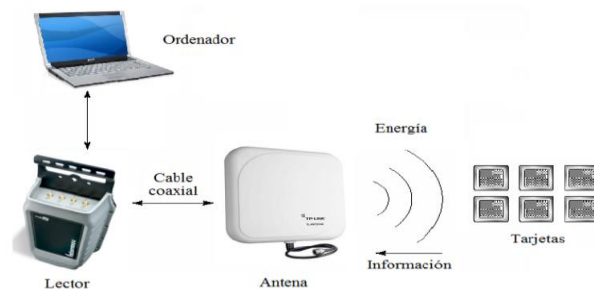
Fuente: Tomada de [67]

4.3 IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID)

La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología que se utiliza para identificar objetos y transferir información desde una distancia a través de ondas de radio [68]. Un sistema RFID está compuesto por un dispositivo digital llamado tag, estos pueden ser pasivos (reciben la energía por inducción desde el escáner) o activos (incorporan batería), cada tag incorpora una antena y un circuito integrado con un código de identificación único (UID), otra parte fundamental en un sistema RFID es un dispositivo de escáner de radio, llamado lector [69], en la Figura 17 se esquematiza la relación entre tag y escáner en un sistema RFID. Esta, es una tecnología ADC (recopilación de datos automatizada) que:

- Utiliza ondas de radiofrecuencia para transferir datos entre un lector y un elemento móvil para identificar, categorizar, rastrear.
- Es rápido y no requiere visualización por parte de un usuario ni contacto.
- entre el lector / escáner y el elemento etiquetado.
- Realiza la operación utilizando componentes de bajo costo.
- Intenta proporcionar identificación única y back-end.
- Integración que permite una amplia gama de aplicaciones [70].

Figura 17 Diagrama explicativo funcionamiento RFID



Fuente: Tomada de [70]

Esta tecnología abarca la ingeniería de sistemas, el desarrollo de software, el cifrado, etc., por lo que hay muchos ingenieros involucrados en el desarrollo y la aplicación de RFID y, en la actualidad, la escasez de personal técnico y comercial capacitado en RFID está obstaculizando el crecimiento de su potencial en la industria [71]. La demanda de etiquetas RFID flexibles ha aumentado recientemente debido a los requisitos de identificación/seguimiento/monitoreo automáticos en las diversas áreas enumeradas anteriormente [72].

4.4 LoRa

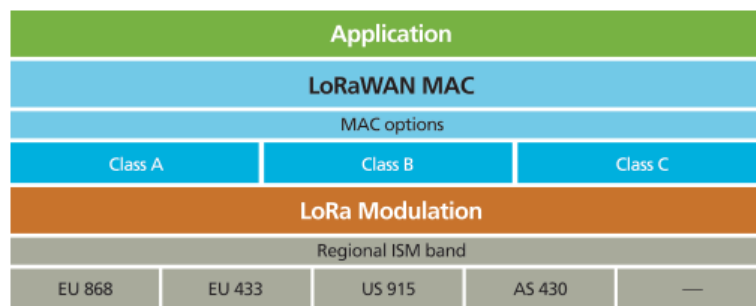
Según [73], LoRa “es una tecnología emergente de red de área amplia de baja potencia”. Otra definición dada por [74], “es la capa física o la modulación inalámbrica utilizada para crear el enlace de comunicación de largo alcance, utiliza modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) como capa física al ser una modulación eficiente para lograr baja

potencia”. La mayor ventaja de LoRa es su capacidad de largo alcance, cuenta con una única puerta de enlace o estación base que puede cubrir ciudades enteras o cientos de kilómetros cuadrados, teniendo en cuenta que el alcance depende en gran medida del entorno o de las obstrucciones en una ubicación determinada [75]. Teniendo en cuenta todo esto, es la mejor opción para soluciones de IoT que requieren una amplia gama de comunicación de datos.

4.5 LoRaWAN

Según [76], es el encargado de definir el protocolo de comunicación y la arquitectura del sistema para la red cuando la capa física de LoRa habilita el enlace de comunicación de largo alcance. Se basa en una red tipo Aloha (Sistema de redes de computadores, actualmente ya no se usa, pero uno de sus conceptos esenciales es la base para la red Ethernet). El protocolo y la arquitectura de red tienen la mayor influencia en determinar la vida útil de un nodo, la capacidad de la red, calidad del servicio, la seguridad y las diferentes aplicaciones servidas por la red. En la Figura 18 se muestran las diferentes capas de una aplicación LoRaWAN.

Figura 18 Capas de aplicación LoRaWAN



Fuente: Tomada de [76]

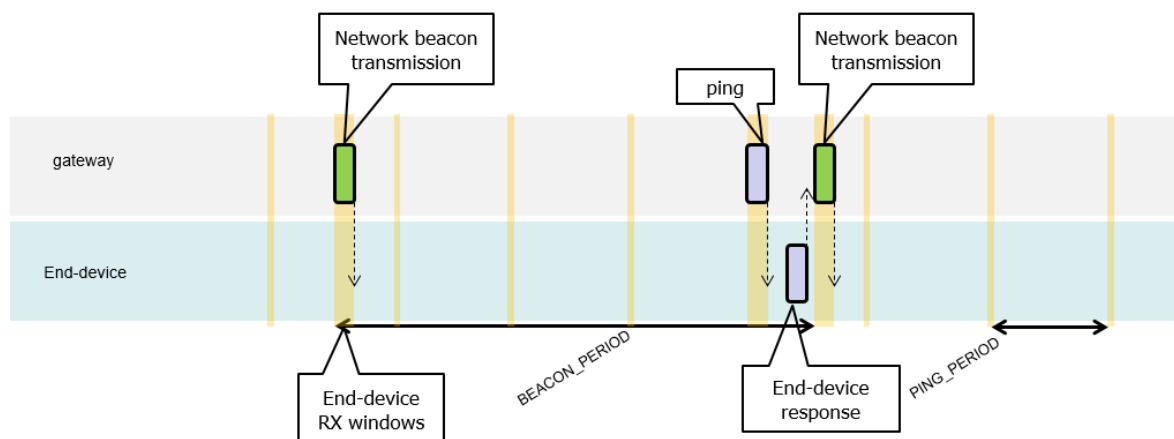
4.5.1 Clase A

En este tipo de red, los dispositivos finales pueden transmitir de forma arbitraria. La característica clave de la Clase A es que la comunicación es iniciada solo por el dispositivo final. Este diseño está diseñado específicamente para aplicaciones que requieren comunicación de enlace descendente en respuesta a un enlace ascendente, o que pueden programar enlaces descendentes con anticipación con requisitos de latencia bastante flexibles [77].

4.5.2 Clase B

En esta clase los dispositivos finales proporcionan ventanas de recepción programadas regularmente, además de las que se abren cada vez que se envía un enlace ascendente de Clase A al servidor. Para que esto funcione, la red transmite periódicamente una baliza sincronizada en el tiempo a través de las puertas de enlace, como se ilustra en la Figura 19. El dispositivo final debe recibir periódicamente una de estas balizas de red para que pueda alinear su reloj interno con la red.

Figura 19 Oportunidades de marco Beacon



Fuente: Tomada de [78]

Según [78], la referencia de tiempo de la baliza, los dispositivos finales pueden abrir ventanas de recepción (ranuras de ping) periódicamente. Cualquiera de estas ranuras de

ping puede ser utilizada por la infraestructura de red para iniciar una comunicación de enlace descendente.

4.5.3 Clase C

Según [79], en la Clase C los dispositivos finales se utilizan cuando el consumo de energía extremadamente bajo no es un problema y la latencia debe minimizarse. La aplicación del lado del servidor determina que está administrando dispositivos de clase C durante el procedimiento de unión. Las principales características de un dispositivo de clase C son:

- Basado en principios de clase A.
- Los dispositivos no pueden operar simultáneamente en modo Clase B y Clase C.
- La latencia más baja entre todos los modos operativos.
- Utiliza más energía que los dispositivos de Clase A y Clase B.

4.6 GENERALIDADES DE LAS BOLSAS PLÁSTICAS

Los bajos índices de reciclaje y reutilización afectan a todos los plásticos reciclables, pero en particular a las bolsas plásticas. Se estima que cada año se utilizan entre 500 mil millones y 1 billón de estas en todo el mundo. Esto equivale a aproximadamente un millón que se utilizan cada minuto a nivel mundial, lo que es una clara indicación de cuán dependientes del plástico se han convertido las actividades diarias [80].

En el año 2016 a través de la Ley 1819, se crearon una serie de estatutos como una medida de protección del medio ambiente, debido a los impactos adversos de las bolsas plásticas asociados a su vida útil limitada, la incapacidad de biodegradarse y la contaminación que generan en los recursos hídricos, flora y fauna [81]. Esto genera uno de los grandes retos en el presente trabajo investigativo, al no poder eliminar por completo el uso de bolsas plásticas, se hace necesario optimizar su uso a través de las diferentes técnicas, metodologías y tecnologías propuestas.

4.6.1 Normatividad General Del Uso De Bolsas Plásticas A Nivel Nacional

La racionalización en el uso de los recursos naturales y la sostenibilidad del medio ambiente han generado la necesidad de modificar los procesos de producción de la industria del plástico a nivel mundial y nacional, incentivando la producción de bolsas plásticas biodegradables mediante la adición de aditivos de origen inorgánico, orgánico o biológico que permiten la biodegradación de los materiales. Así mismo, la industria del plástico ha desarrollado bolsas reutilizables que, a través de los múltiples usos por parte del consumidor, disminuye su huella de carbono a lo largo del ciclo de vida de la bolsa plástica [82].

En Colombia, en el año 2017 se redujo en un 27% el consumo de bolsas, dato registrado por ventas anuales en cerca de 80 empresas productoras de este material, con una totalidad de ventas por el valor de 475.000 millones de pesos aproximadamente [83]. En [82] se establecen las bolsas sobre las cuales se podrá dejar de cobrar el impuesto por ser reutilizables, o aquellas en las que el impuesto se podrá cobrar de forma reducida por ser biodegradables. En la

Tabla 3 se observa el incremento en la tarifa del impuesto al consumo de bolsas plásticas desde el año 2017.

Tabla 3 Tarifas del impuesto al consumo de bolsas plásticas

Año	Tarifa en pesos por bolsas
2017	\$20
2018	\$30
2019	\$40
2020	\$50

Fuente: Autor

4.6.2 Clasificación Bolsas Plásticas

En noviembre de 2017, el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, realizó una modificación a la Resolución 668 de 2016 que busca promover el uso racional de bolsas plásticas. El cambio en esta norma propone la separación en la fuente garantizando la gestión diferencial de la siguiente manera:

- Bolsa de color verde: Residuos ordinarios no reciclables.
- Bolsa de color gris: Residuos de papel y cartón.
- Bolsa de color azul: Residuos de plástico, vidrio, metales, multicapa
- Bolsa roja: Residuos biológicos [84].

En [85] se menciona que a 2030, el 31% de las bolsas plásticas deberán ser de color gris, azul y verde, el código de colores busca incentivar la separación en la fuente y fortalecer la cultura ciudadana.

Adicionalmente, hay que destacar que en el año 2019 se modificó la anterior resolución y se adoptaron otras disposiciones que pueden ser revisadas en la Resolución 2184 de 2019, entre dichas medidas hay que destacar los siguientes cambios:

- Color verde para depositar residuos orgánicos aprovechables [86].
- Color blanco para depositar los residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, multicapa, papel y cartón [86].
- Color negro para depositar los residuos no aprovechables [86].

Finalmente, “a partir del 1 de enero de 2021, los municipios y distritos deberán implementar el código de colores para la presentación de los residuos sólidos en bolsas u otros recipientes, en el marco de los programas de aprovechamiento de residuos del servicio público de aseo” [86].

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un dispensador de bolsas electrónico microcontrolado y un sistema de información haciendo uso del Internet de las Cosas (IoT), para la asistencia en la recolección de heces de mascotas en espacios públicos.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.2.1 Diseñar los módulos electrónicos, mecánicos e informáticos del dispensador con base a los requerimientos técnicos y funcionales.
- 5.2.2 Implementar el diseño de un prototipo que permita la verificación del rendimiento de los sistemas electrónicos y computacionales.
- 5.2.3 Desarrollar una herramienta computacional en la nube que permita el monitoreo y la adquisición de los datos generados por sensores y la gestión de dispositivos y usuarios del sistema.

6 METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación presentó diferentes etapas, en una primera instancia se buscaron problemas de la vida cotidiana y se idearon posibles soluciones, posteriormente, se empezó a recopilar material bibliográfico de artículos científicos, libros, periódicos y revistas reconocidas mediante bases de datos reconocidas, esta etapa permitió identificar sistemas embebidos utilizados en los desarrollos tecnológicos basados en el IoT, protocolos de comunicación, metodologías de diseño electrónico, mecánico e informático.

6.1 ENFOQUES METODOLÓGICOS

Este es un proyecto de investigación aplicada, específicamente un desarrollo tecnológico de un sistema conectado a internet con Hardware y Software, es decir, un objeto conectado a internet.

6.2 TIPO DE ESTUDIO

Este trabajo es un desarrollo tecnológico en el cual se busca la adquisición y supervisión de datos y el control de un dispensador electrónico de bolsas conectado a través del Internet de las Cosas a un sistema de información, para la asistencia en la recolección de heces de mascotas en espacios públicos.

6.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

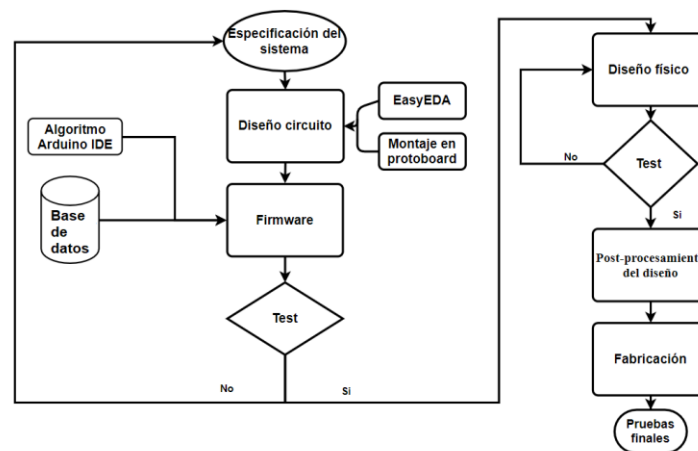
Para llevar a cabo el objetivo de *Diseñar un dispensador de bolsas electrónico y un sistema de información, para la asistencia en la recolección de heces de mascotas en espacios públicos*, se propusieron tres objetivos específicos los cuales serán abordados a continuación:

Diseñar los módulos electrónicos, mecánicos e informáticos del dispensador con base a los requerimientos técnicos y funcionales se implementarán las siguientes metodologías: Se dividió el proyecto en diferentes etapas:

6.3.1 Diseño Electrónico

En [87] se explican las metodologías del diseño electrónico, teniendo en cuenta una de las allí mencionadas, se adaptó la mostrada en la .

Figura 20 Diseño electrónico



Fuente: Tomada de [87]

A continuación, se explican las diferentes etapas del diseño electrónico:

1. Especificación del sistema: En esta primera fase, se definen los objetivos y requisitos del sistema, se conversa con el cliente para llegar a un consenso de lo que se quiere, se tiene en cuenta la funcionalidad del dispositivo y sus características [87].
2. Diseño del circuito: Se definen factores importantes para cumplir con las especificaciones del sistema, se eligen los componentes, protocolos de comunicación, fuentes de energía, circuitos de protección. Definido lo anterior se inician las conexiones, se debe definir la conectividad de cada módulo (entradas,

salidas). Se procede a comprobar estas mismas, y hacer las correcciones necesarias [87].

3. Firmware: En este paso se programa el microcontrolador para que cumpla con las especificaciones del sistema, se definen correctamente los protocolos de comunicación, y la lectura de las entradas se hace efectiva [87].
4. Test: Se deben de hacer estos test para comprobar que todos los pasos se estén ejecutando correctamente, si se detecta algún error que afecte gravemente al sistema se debe volver a revisar los pasos anteriores [87].
5. Diseño Físico: Es uno de los más importantes en este proceso, en esta etapa se definen la ubicación de los componentes, el ancho de las pistas, el grosor de estas mismas y las características especiales para la impresión de estos circuitos [87].
6. Test: se realiza un nuevo test, este con el fin de evitar problemas con el diseño físico, aquí se extraen los parásitos (PEX), se verifica las reglas de diseño establecidas y la verificación de las reglas eléctricas [87].
7. Post-procesamiento del diseño: Se deben recoger los datos de los pasos anteriores para que estos sean procesados, de modo que se le deje claro al fabricante los pasos a seguir para la construcción del dispositivo [87].
8. Fabricación: Una vez se realiza el Post-procesamiento se contacta con el fabricante y se le entrega la información detallada [87].
9. Pruebas Finales: Se realiza una última prueba para comprobar que el dispositivo cumpla con las especificaciones necesarias [87].

6.3.2 Diseño Mecánico

Con el objetivo de realizar el diseño mecánico del dispensador, se solicitaron asesorías con ingenieros mecánicos del área de diseño y teniendo como referencia literatura relacionada al diseño de maquinaria, se seleccionaron las etapas propuestas por Robert L. Norton (Figura 21).

Figura 21 Pasos del proceso de diseño según Robert L. Norton



Fuente: Tomada de [88]

A continuación, se explican detalladamente los pasos de la metodología propuesta por Robert L. Norton:

1. Identificación de las necesidades: En este paso por lo general lo hace algún jefe que tenga claro cuáles son las necesidades principales que se necesitan suplir en el diseño [88].
2. Investigación de antecedentes: es la parte más importante del proceso. Se trata de una investigación común, recopilando información de antecedentes sobre la física, química u otros aspectos del problema. También es importante averiguar si este, o un problema similar, ha sido resuelto antes. Lo más importante es resolver el problema antes de prepararse completamente para realizarlo definitivamente [88].
3. Declaración de objetivos: Una vez que se comprendan completamente los antecedentes del área del problema hay que tener en cuenta tres características. Debe ser conciso, general y debe visualizarse su función de una manera inmediata [88].
4. Especificaciones de rendimiento: Cuando se entienden los antecedentes y se establece claramente el objetivo, está listo para formular un conjunto de especificaciones de rendimiento. las especificaciones de rendimiento definen lo que

el sistema debe hacer. Las especificaciones sirven para definir el problema de una manera completa y general como sea posible, y sirven como una definición contractual de lo que se debe lograr. Además, el diseño terminado se puede probar para verificar el cumplimiento de las especificaciones [88].

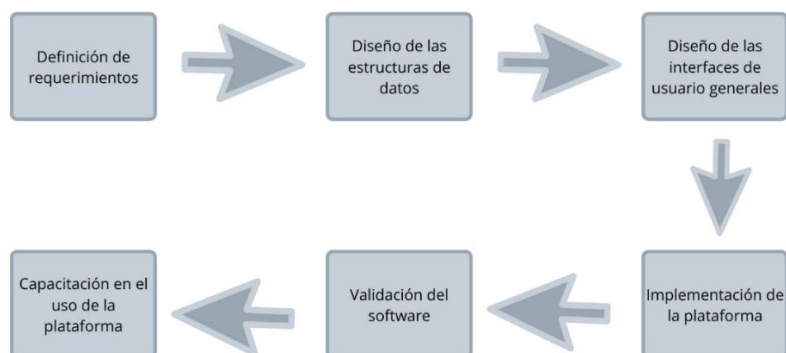
5. Ideación e invención: este paso depende netamente de la creatividad y del ingenio para el diseño del prototipo. El objetivo aquí es obtener la mayor cantidad posible de diseños potenciales. Incluso las sugerencias ridículas deben ser bienvenidas, ya que pueden generar nuevos conocimientos y sugerir otras soluciones más realistas y prácticas para el diseño. Para este paso se sugiere implementar una lluvia de ideas donde participen todas las personas involucradas en el diseño; ya que al tener más personas hay más ideas de donde se pueden sintetizar grandes resultados [88].
6. Análisis: en esta etapa ya tiene que estar estructurado el problema y se deberá analizar el desempeño detalladamente. Selección: El proceso de selección generalmente implica un análisis comparativo de las soluciones de diseño disponibles. Una matriz de decisiones a veces ayuda a identificar la mejor solución al obligar a considerar una variedad de factores de manera sistemática donde se pueda evidenciar de una manera clara los pros y los contras de cada diseño elaborado [85].
7. Detalles del diseño: Este paso suele incluir la creación de un conjunto completo de dibujos de montaje y detalle o archivos de piezas de diseño asistido por computadora. Cada dibujo de detalle debe especificar todas las dimensiones y las especificaciones de material necesarias. A partir de estos diseños se debe construir uno o varios prototipos para pruebas físicas y poder descubrir las falencias reales y así modificarlas para crear un diseño óptimo y funcional [88].
8. Prototipo y pruebas: Este paso se fundamenta en dos subetapas. La primera es el modelo, aquí se debe construir un modelo del prototipo (puede ser a escala) donde se pueda evidenciar su funcionalidad y su resistencia para iniciar pruebas. La segunda son las pruebas, se debe poner el modelo a prueba en condiciones reales donde se observe su capacidad, funcionamiento y resistencia [88].

9. Producción: Finalmente, con suficiente tiempo, dinero y perseverancia, el diseño estará listo para la producción. Esto podría consistir en la fabricación de una única versión final del diseño, pero lo más probable es que signifique hacer muchos más artefactos. El peligro es tener gastos y vergüenza de encontrar fallas en su diseño después de hacer grandes cantidades de dispositivos defectuosos, por eso es importante tener mayor cuidado en los primeros pasos del proceso de diseño para garantizar que esté correctamente diseñado y funcione de una manera óptima [88].

6.3.3 Desarrollo De Software

En la Figura 22 se muestran los pasos tenidos en cuenta a la hora de desarrollar el software a la medida para el presente desarrollo tecnológico.

Figura 22 Metodología desarrollo de software



Fuente: Autor

A continuación, se explican detalladamente los pasos de la metodología propuesta por Ian Sommerville:

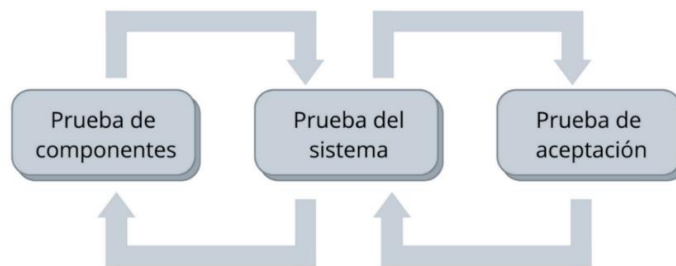
1. Definición de requerimientos: Especifica las funciones que el sistema debe realizar y sus propiedades esenciales y deseables. Va desde el análisis de requerimientos del software, pasando por la creación de definiciones del sistema donde se define que desean consultar los clientes del sistema y los usuarios finales [89]. Se concentra en la derivación de tres tipos de requerimiento:

1. Requerimientos funcionales abstractos. Las funciones básicas que un sistema debe proporcionar se definen en un nivel abstracto [89].
 2. Propiedades del sistema. Son propiedades emergentes no funcionales del sistema, entre las cuales se encuentran la disponibilidad, el rendimiento y la seguridad. Estas propiedades afectan a los requerimientos de todos los subsistemas [89].
 3. Características que no debe mostrar el sistema. Se especifica lo que el sistema no debe hacer como especificar lo que debe hacer [89].
-
2. Diseño de las estructuras de datos: Se diseña en detalle y especifica la estructura de datos utilizada en la implementación del sistema [90].
 3. Diseño de las interfaces generales de usuario: Si un desarrollo de software debe alcanzar su potencial máximo, es fundamental que sus interfaces de usuario sean diseñadas para ajustarse a las habilidades, experiencia y expectativas de sus usuarios previstos, para cada subsistema se diseña y documenta su interfaz con otros subsistemas [90].
 4. Implementación de la plataforma: En esta etapa se desarrollan los códigos fuente necesarios para suplir los requerimientos técnicos y funcionales para la puesta en marcha de la plataforma.
 5. Validación del software: Conocida de forma más general como la verificación y validación, se utiliza para mostrar que el sistema se ajusta a su especificación y que cumple las expectativas del usuario que lo comprará, es un proceso iterativo y se retroalimenta tanto de las últimas etapas como de la primera parte del proceso [90].
Las etapas del proceso de prueba son:
 1. Prueba de componentes o unidades: Se prueban los componentes individuales para asegurarse de que funcionan correctamente, cada uno se prueba de forma independiente, sin los otros componentes del sistema [90].

2. Prueba del sistema: Se integran los componentes para formar el sistema, este proceso comprende encontrar errores que son el resultado de interacciones no previstas entre los componentes y su interfaz [90].
3. Prueba de aceptación: Es la etapa final en el proceso de pruebas antes de que se acepte que el sistema se ponga en funcionamiento [90]

En la Figura 23 se muestra el proceso de pruebas, por lo general, el desarrollo de componentes y pruebas se entrelazan.

Figura 23 Proceso de pruebas



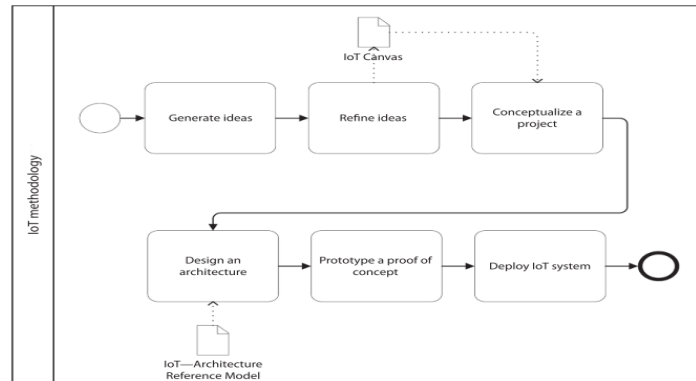
Fuente: Tomada de [90]

6. Capacitación en el uso de la plataforma: En esta etapa se desarrollan los manuales: técnico y de usuario con los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de instalar el software y las instrucciones necesarios para que los usuarios puedan hacer uso del mismo.

6.3.4 IoT Methodology

Se seleccionó esta metodología para la integración de los componentes electrónicos con los informáticos. Es un método genérico y liviano que se base en la creación de prototipos iterativos y Lean Start-up la Figura 24 ilustra los pasos de la IoT-Meth, la cual implica los siguientes pasos iterativos (los nombres originales de los pasos están entre paréntesis):

Figura 24 Flujo de proceso IoT-Meth



Fuente: Tomada de [91]

1. Generar ideas (cocrear): este paso implica la identificación de áreas problemáticas mediante la comunicación con las partes interesadas, principalmente los usuarios finales. El objetivo es generar ideas sobre problemas potenciales desde una perspectiva empresarial. Algunas de estas ideas se elaboran con sus casos de uso, que se refinarán en el siguiente paso [91].
2. Refinar ideas (idear): Algunas de las ideas identificadas en el paso anterior se elaboran con mayor detalle para comunicarse con los gerentes de proyectos, diseñadores e implementadores. El artefacto llamado IoT Canvas se puede usar en sesiones de intercambio de ideas con las partes interesadas para identificar y validar los requisitos de alto nivel. IoT Canvas consiste principalmente en una declaración de problemas, actores clave, elementos del entorno físico, sensores y actuadores, modelos de datos, requisitos de middleware para conectar servicios de IoT, servicios web de terceros que deben integrarse e interfaces de usuario (UI) [91].
3. Conceptualizar un proyecto (Q&A): este paso implica analizar más las ideas refinadas para cerrar la brecha entre la idea y la implementación. Los requerimientos son analizados y validados; El dominio se analiza más a fondo [91].
4. Diseñar una arquitectura (IoT OSI): en este paso, los requisitos se asignan a una arquitectura e infraestructura. El artefacto denominado IoT: modelo de referencia de arquitectura es una entrada para este paso y básicamente una adaptación del modelo

de referencia de siete capas de la Organización Internacional para la Estandarización / Interconexión de Sistemas Abiertos (ISO / OSI) para soluciones de IoT. Este modelo de referencia comprende cinco capas: puntos finales, conectividad, middleware, servicios de IoT y aplicaciones. Estas capas ayudan a clasificar los componentes y, por lo tanto, a gestionar la complejidad [91].

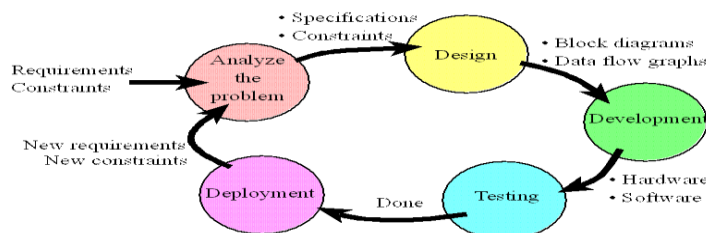
5. Prototipo: prueba de concepto (prototipo): este paso abarca la creación de prototipos y la iteración hacia sistemas de IoT mínimamente viables. Los prototipos se evalúan y los planes de iteración se revisan en consecuencia [91].
6. Implementar el sistema de IoT (implementar): el último paso consiste en implementar el sistema y cerrar el ciclo de retroalimentación. Generalmente, el sistema se mejora continuamente de acuerdo con la retroalimentación [91].

IoT-Meth no define roles bien definidos con descripciones y responsabilidades. Esta metodología permitirá abordar algunas funciones, como usuario final, diseñador, implementador y administrador de proyectos [92].

6.3.5 Prototipo De Un Dispensador Funcional

El segundo objetivo, fue implementar un prototipo de dispensador funcional, integrando los diseños planteados en el objetivo anterior. Para ello el diseño del dispositivo se realizó según los requerimientos técnicos y de diseño necesarios para llevar a cabo la solución, a continuación, se presentará el proceso de desarrollo del producto en general. La Figura 25, ilustra el desarrollo de un producto siguiendo un ciclo de análisis-diseño-implementación-prueba-implementación propuesto por [93].

Figura 25 Ciclo de vida del producto

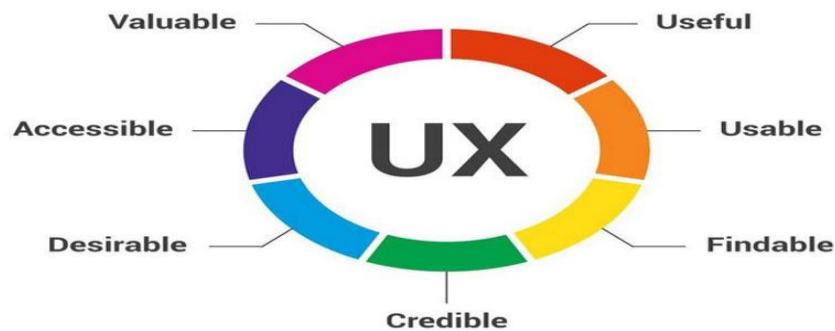


Fuente: Tomada de [93]

6.3.6 Prueba De Funcionalidad

El tercer objetivo consiste en realizar pruebas de funcionalidad al prototipo y sus diferentes componentes. Según [94], el avance actual de la tecnología IoT ha acelerado la era de la hiperconectividad en la vida de las personas, diseño de Experiencia de Usuario (UX, Figura 26) puede realizar un entorno de IoT bien equilibrado y armonioso.

Figura 26 Experiencia de Usuario (UX)



Fuente: Tomada de [95]

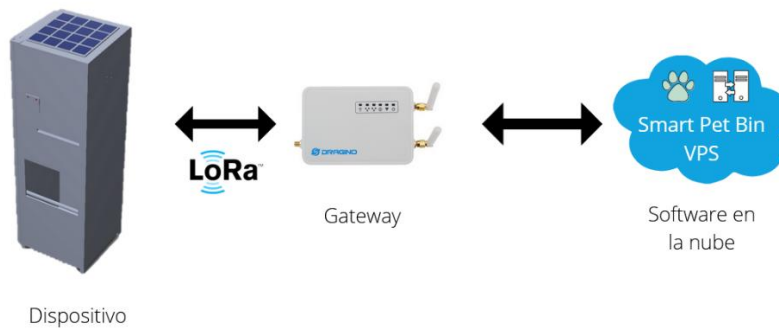
Con el uso de esta metodología se pretendía realizar una interfaz que sea agradable, intuitiva, permitiéndole al usuario optimizar el uso de la solución tecnológica, una vez se cuente con una experiencia adecuada por parte de los futuros usuarios se procederá a realizar campañas de masificación, que promuevan el registro de personas con sus respectivas mascotas, así mismo, brindará datos sobre el índice de satisfacción de usuario, permitirá además probar los requerimientos del punto anterior, realizar pruebas al dispositivo entre las cuales están:

- Dispensar una cantidad determinada de bolsas plásticas para realizar una prueba en un espacio de tiempo y determinar cuánto duran los dispensadores con bolsas o en cuánto tiempo se llenan.
- Mostrar el número de bolsas restantes en el sistema de información.
- Indicadores que demuestren que funcionan las pruebas anteriormente mencionadas.

7 RESULTADOS

Partiendo de la metodología presentada en la sección anterior, se inició el desarrollo tecnológico del presente proyecto de investigación. Se tuvieron en cuenta cada una de las etapas y técnicas mencionadas para dar cumplimiento a los objetivos propuestos. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa el diagrama del proceso que integra los tres diseños planteados.

Figura 27 Diagrama de proceso del sistema



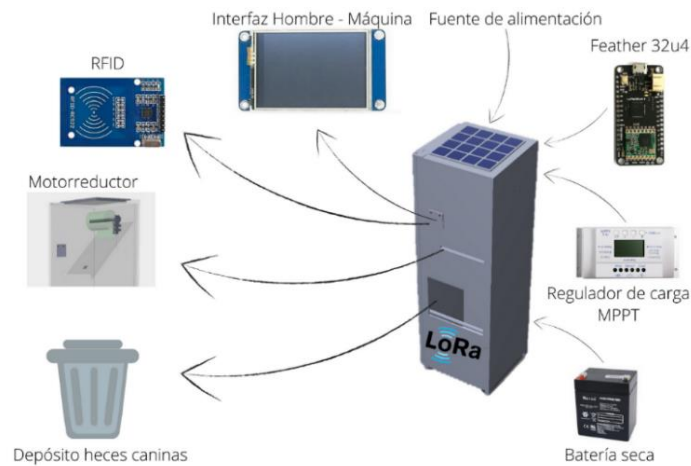
Fuente: Autor

7.1 DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL DISPENSADOR ELECTRÓNICO

En la Figura 28 se muestra cada uno de los componentes que van dentro del contenedor, el Feather 32u4 se encarga de comunicarse con el lector RFID MFRC que está a cargo de la función de identificar a los usuarios del sistema, gracias a su radio LoRa RFM95 envía y recibe a un Dragino LG02 que comunica los contenedores con el VPS que tiene alojado el software en la nube Smart Pet Bin. Por otro lado, la solución tecnológica cuenta con una interfaz hombre máquina (HMI) a cargo de una pantalla táctil de 7 pulgadas marca NEXTION que permite a las personas interactuar con la plataforma solicitando una bolsa para recoger las heces de su mascota o abrir el depósito para arrojarlas; el sistema de

alimentación se basa en un panel solar monocristalino, un regulador de carga MPPT y una batería seca de 12V/5A. El suministro de bolsas se realiza con un motorreductor y su retroalimentación es adquirida con un encoder de cuadratura.

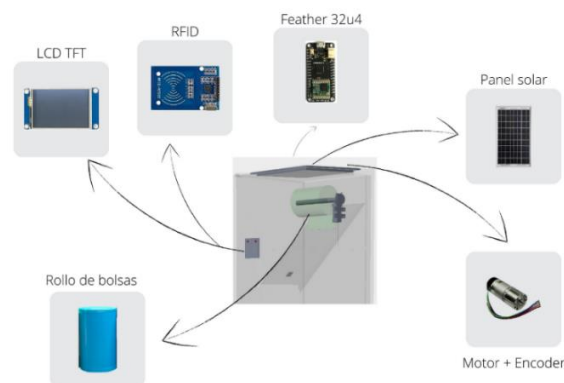
Figura 28 Diagrama de bloques contenedor



Fuente: Autor

El contenedor se divide en dos subsistemas, el primero se muestra en la Figura 29 se muestran los componentes que están integrados en la funcionalidad del suministro de bolsas, en la parte frontal se dejó un espacio para la pantalla LCD y un cobertor para el lector RFID que por la estructura metálica se generaba un bloque que evitaba el proceso de lectura de las tarjetas de los usuarios.

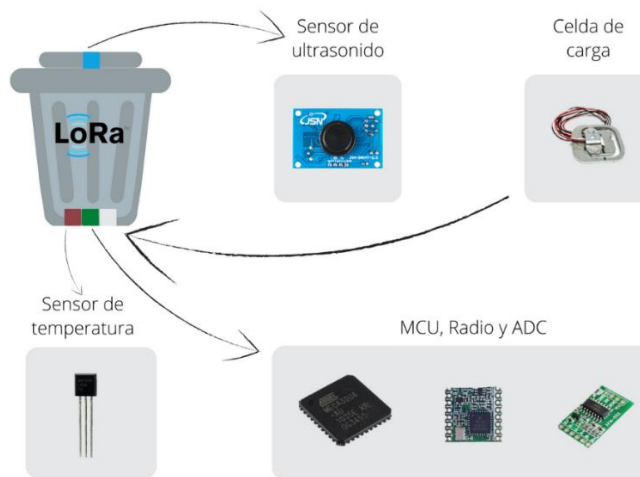
Figura 29 Suministro de bolsas



Fuente: Autor

El segundo subsistema se muestra en la Figura 30 se muestran los componentes del depósito para arrojar las heces caninas, las variables de medición principales son el peso y volumen del contenedor, cuando se llegan a ciertos límites de estos se genera una alerta para que la empresa a cargo de la recolección de basuras pueda programar las rutas más adecuadas para realizar este proceso. El sensor de temperatura fue utilizado como instrumento ciego que en caso de un incendio dentro del basurero por vandalismo o arrojar desechos diferentes a las heces que provoquen incendios notifique, se proceda a extinguir el fuego oportunamente y se minimicen los daños en la estructura del sistema.

Figura 30 Componentes del depósito



Fuente: Autor

A partir de los diagramas anteriormente mostrados se procedió a realizar un montaje en protoboard para verificar el funcionamiento de los diferentes sensores, actuadores y otros componentes necesarios para la puesta en marcha del desarrollo tecnológico, la programación fue realizado en una placa BSFrance Feather 32u4 basada en un microcontrolador ATmega 32u4 y un radio LoRa RFM95 integrado en el sistema de desarrollo mencionado, este puede ser observado en la Figura 31, fue seleccionado por sus prestaciones, cantidad de entradas y salidas (20 GPIO, 10 entradas analógicas y 8 pines

PWM), por contar con una cantidad suficiente de interrupciones y la posibilidad de programarlo en diferentes entornos de desarrollo integrados (IDE).

Figura 31 BSFrance LoRa 32u4

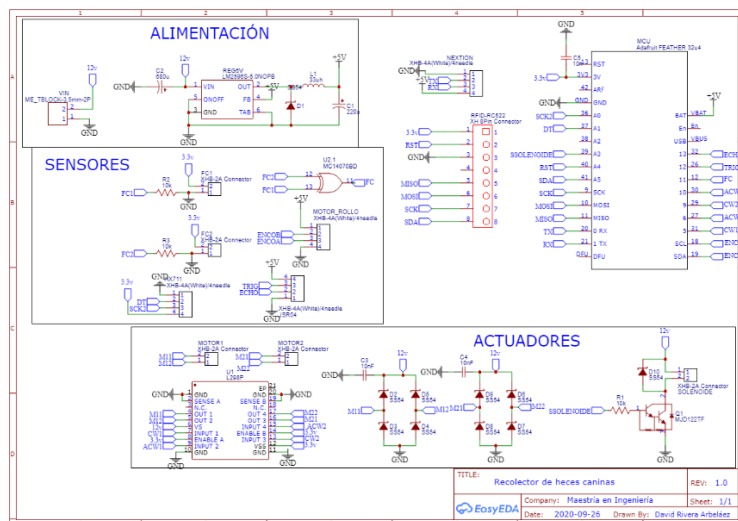


Fuente: Tomada de [96]

7.1.1 Diseño Electrónico

Una vez realizadas las pruebas de los diferentes componentes, sensores y actuadores se desarrolló el diagrama de conexiones mostrado en la Figura 32 en el software EASYEDA que es libre, en línea, con una alta disponibilidad de circuitos integrados e integración con proveedores de componentes y empresas que realizan prototipado de PCB.

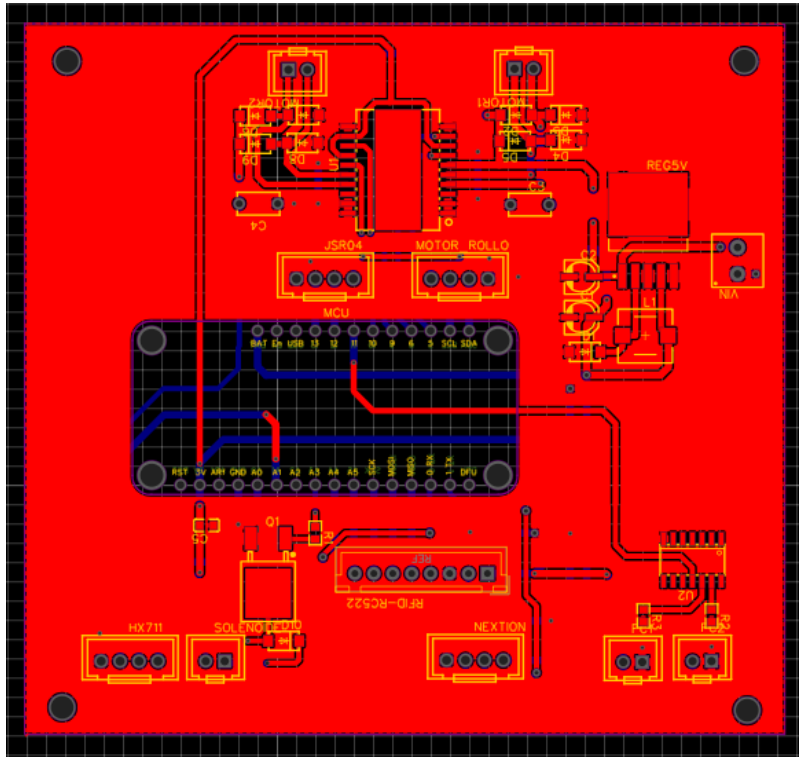
Figura 32 Diagrama esquemático



Fuente: Autor

A partir del diagrama esquemático mostrado anteriormente en la Figura 32 se procedió a desarrollar la placa de circuito impreso (PCB) integrando las conexiones de los diferentes componentes electrónicos, conectores para los sensores y actuadores, en la Figura 33 se muestra el resultado del diseño de la PCB.

Figura 33 PCB



Fuente: Autor

7.1.2 Diseño Mecánico

Teniendo como punto de partida la metodología expuesta en el capítulo anterior respecto al diseño mecánico, en primer lugar, se identificaron unos requerimientos para la construcción física del contenedor y los mecanismos requeridos para el diseño de un dispensador de bolsas para la recolección de heces caninas, entre las necesidades principales que se necesitan suplir en el diseño se encontraron:

- Contenedor metálico elaborado en aluminio.

- Puerta exterior para realizar el depósito de las heces caninas y evitar la salida de malos olores, en la Figura 34 se muestra la vista lateral de la estructura.

Figura 34 Vista lateral estructura

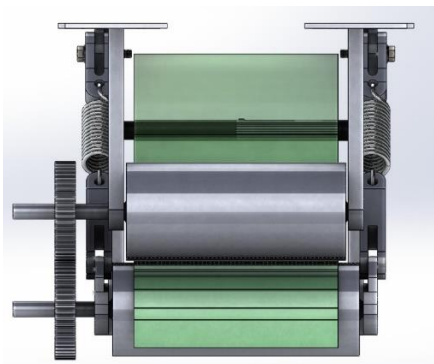


Fuente: Autor

Entre las principales funciones que debe cumplir la estructura mecánica y sus componentes se encuentran:

- Mecanismo de bloqueo que evite que los usuarios retiren bolsas sin estar autenticados en el sistema.

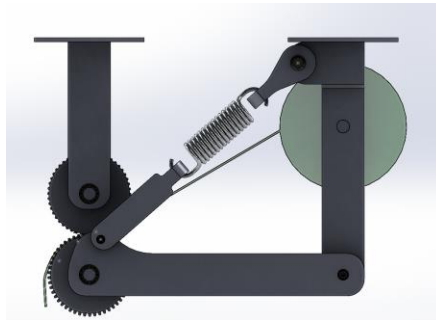
Figura 35 Mecanismo antibloqueo



Fuente: Autor

- Estructura metálica a prueba de agua y que no permita el ingreso de agua a los componentes instalados en el interior.
- Contenedor interior que sirva como depósito de las heces caninas (Figura 34).
- Soporte para rollo de bolsas plásticas (Figura 36).

Figura 36 Vista lateral soporte bolsas plásticas



Fuente: Autor

En la Figura 37 se muestra el diseño en 3D seleccionado asociado al exterior de la estructura, después de realizar diferentes bosquejos fue el seleccionado, este tiene las dimensiones suficientes para almacenar los componentes electrónicos y mecánicos del dispensador, además cuenta con una división en la parte inferior apropiada para el contenedor de las heces caninas.

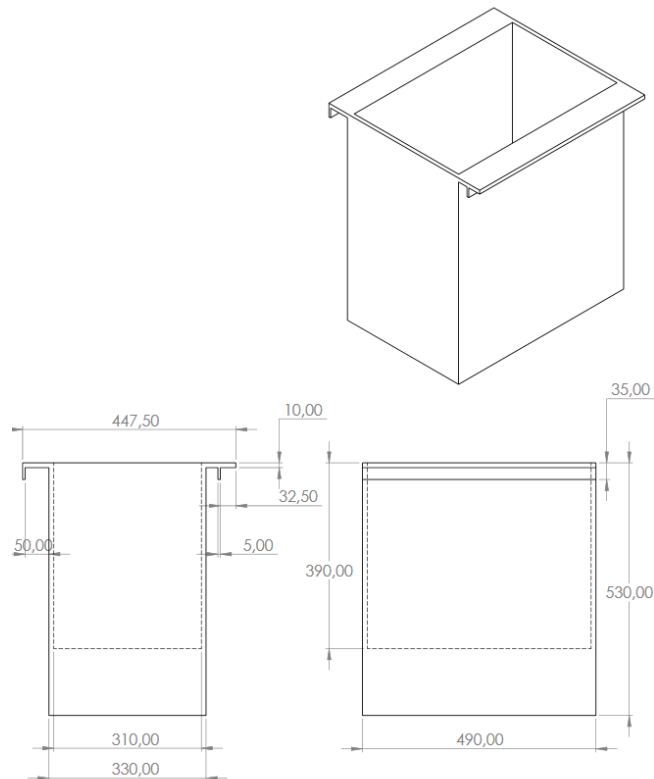
Figura 37 Contenedor de sistema electrónico para la recolección de heces caninas



Fuente: Autor

A nivel de detalles de diseño, en la Figura 38 se muestra el diseño del depósito de heces caninas con sus respectivas dimensiones. El material seleccionado fue el aluminio, tiene unas aristas que le permiten ser encajado con la estructura principal del sistema.

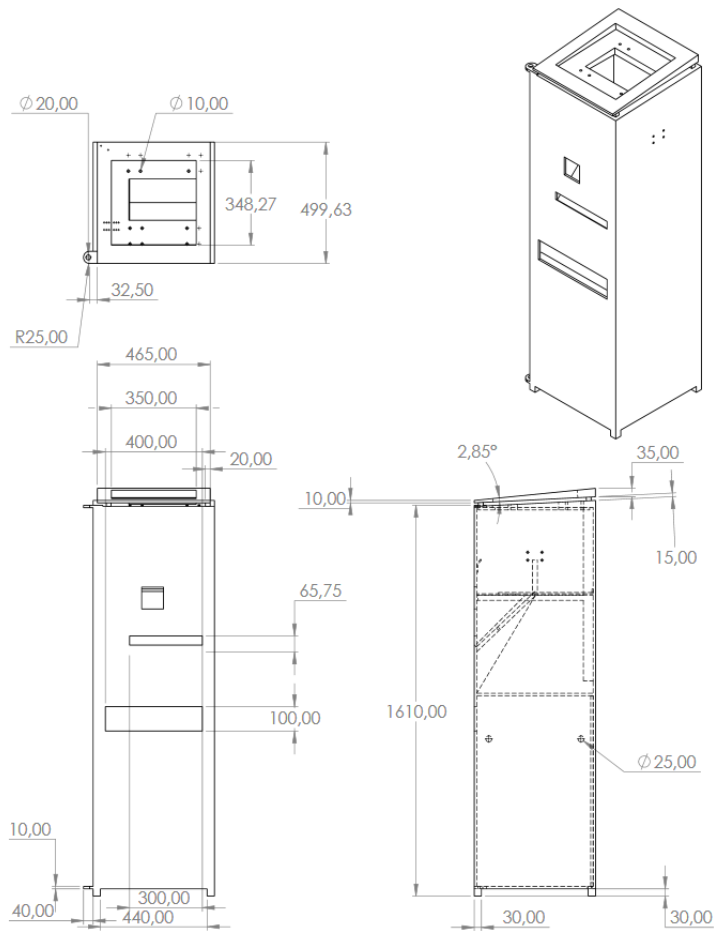
Figura 38 Plano del contenedor de heces caninas



Fuente: Autor

En la Figura 39 se muestra el diseño de la cabina del sistema de recolección de heces caninas con sus respectivas dimensiones, el material seleccionado fue aluminio, cuenta con un soporte para la instalación de un panel solar monocristalino, una apertura para recibir la bolsa y otra que cumple la función de puerta del depósito donde los usuarios arrojarán las heces caninas.

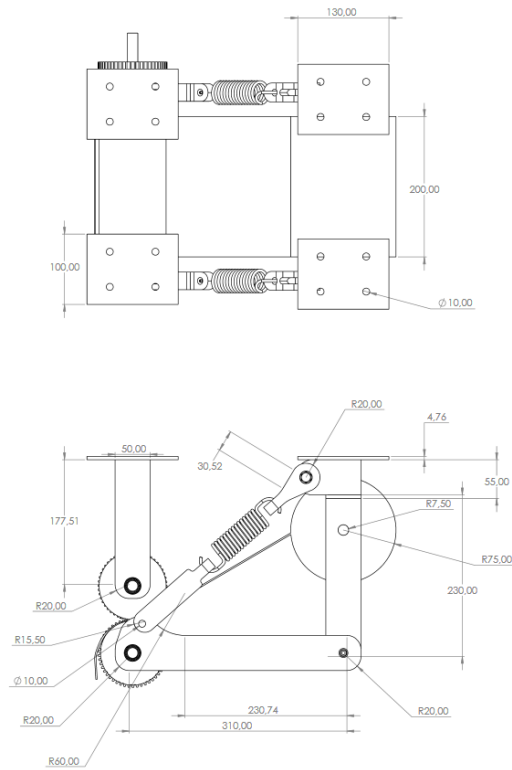
Figura 39 Planos de la cabina



Fuente: Autor

Finalmente, en la Figura 40 se muestran los planos del mecanismo diseñado para servir como suministrador de bolsas, los rodillos superior e inferior se mueven mediante el movimiento de los engranes generando una fricción entre ellos y la bolsa permitiendo el proceso de suministro, así mismo, los engranes cumplen la función de evitar que los usuarios retiren bolsas sin autorización.

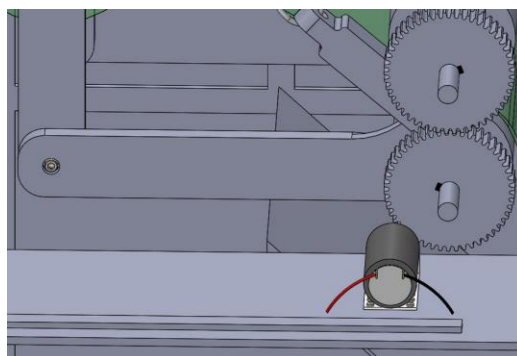
Figura 40 Planos del mecanismo suministrador de bolsas



Fuente: Autor

En la Figura 41 se muestra el sistema de acoplamiento empleado para integrar el motor DC con los engranes.

Figura 41 Acoplamiento motor y engranes



Fuente: Autor

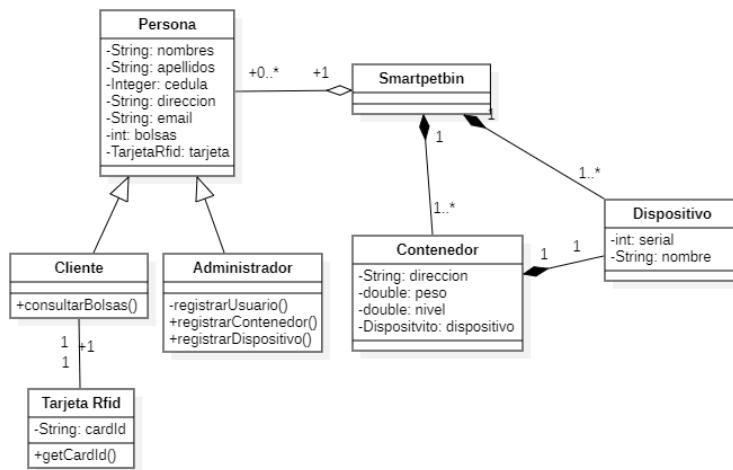
7.1.3 Desarrollo De Software

Para desarrollar el software en la nube Smart Pet Bin se implementó la siguiente arquitectura y los posteriores casos de uso:

7.1.3.1 Arquitectura

La arquitectura del sistema Smart Pet Bin se representa en el diagrama de clases de la Figura 16, este sistema se compone de uno a muchos contenedores y de uno a muchos dispositivos, y a su vez un contenedor se compone de un dispositivo. La clase Persona interactúa con el Smart Pet Bin, y este usuario terminal a su vez puede ser un Cliente o Administrador, la clase Cliente requiere una tarjeta RFID para interactuar con el sistema.

Figura 42 Diagrama de clases del sistema

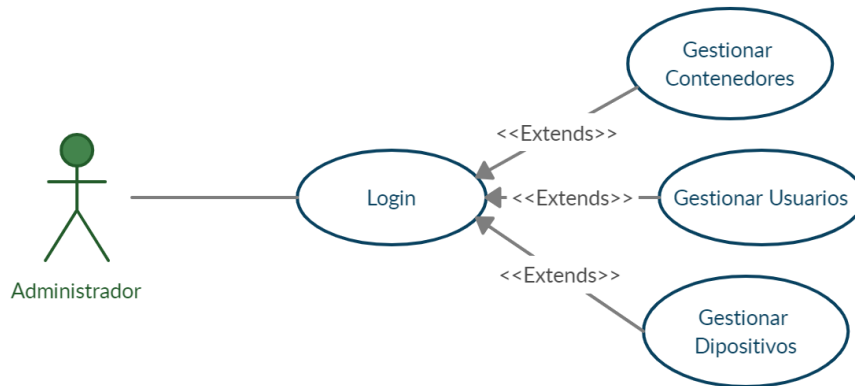


Fuente: Autor

7.1.3.2 Funciones

- A. Administrador: Para que el actor, que en este caso es el administrador, pueda realizar acciones como gestionar contenedores, gestionar usuarios y gestionar dispositivos (Extends) debe hacer login o autenticación de cuenta en el sistema para obtener el acceso y el permiso de realizar estas acciones, esto se puede observar en la Figura 43.

Figura 43 Acciones del Administrador del Sistema



Fuente: Autor

B. Usuario: Para este caso de uso, el actor es el usuario, el cual puede o no interactuar con el sistema a través de una tarjeta para Solicitar bolsa al Sistema (Includes), si recibe una respuesta positiva del mismo podrá acceder al “Retiro de Bolsa del Contenedor” (Extends), es decir, el usuario no puede retirar una bolsa sin previamente haber hecho la solicitud al sistema, este diagrama se observa en la Figura 44.

Figura 44 Acciones del usuario del sistema



Fuente: Autor

7.2 IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO FUNCIONAL

Para evaluar el desarrollo y verificar el funcionamiento de Smart Pet Bin, se realizaron unas pruebas en las cuales se integró la herramienta computacional con el dispositivo electrónico desarrollado en el presente desarrollo tecnológico:

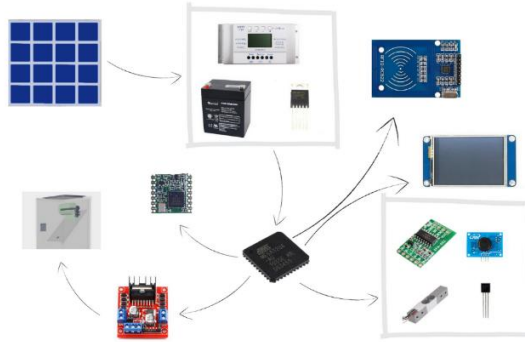
7.2.1 Selección De Componentes Electrónicos

La alimentación del dispositivo se obtiene mediante un panel solar monocristalino por ser más eficientes, requieren una menor cantidad de espacio para su instalación y son los más adecuados para instalar en zonas donde la exposición a la luz solar no es muy alta, ofreciendo un alto rendimiento bajo estas condiciones. Posteriormente, se conecta a un regulador de carga MPPT que se encarga de suministrar el voltaje a una batería seca de 12V a 5A que es la fuente de alimentación del sistema, se seleccionó porque tiene la suficiente potencia suficiente para el correcto funcionamiento del dispositivo, sus sensores y actuadores.

El microcontrolador seleccionado fue el ATmega32u4 por cumplir con la cantidad de entradas y salidas analógicas y digitales necesarias para el desarrollo del prototipo, además, permite establecer comunicación tipo SPI y UART presentes en algunos de los periféricos integrados en el dispositivo implementado. La identificación de los usuarios se realiza con un módulo MFRC522 que se comunica por SPI con el microcontrolador, igualmente que el módulo RFM95 cuya función es comunicar al prototipo con la nube haciendo uso de LoRaWAN.

Finalmente, los sensores propuestos fueron seleccionados por su costo – beneficio y disponibilidad de adquisición en el mercado de la electrónica nacional, evitando contratiempos asociados a retrasos por envíos provenientes de China principalmente, en la parte de actuadores se seleccionó un motorreductor de 12V con el torque suficiente (6kg*cm) para mover el rollo de las bolsas plásticas y un solenoide para que bloquee o permita el uso del depósito. En la Figura 45 se muestran los diferentes componentes del prototipo.

Figura 45 Componentes del prototipo



Fuente: Autor

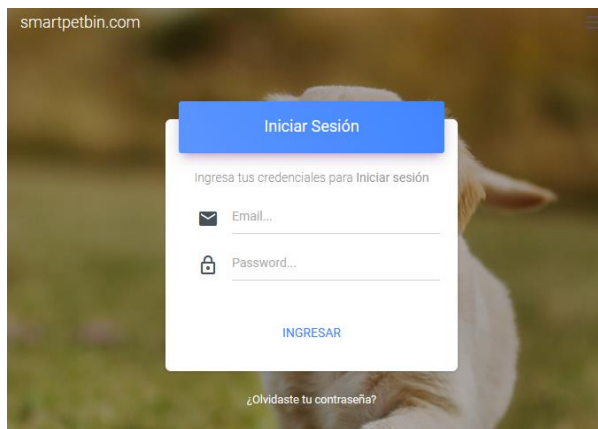
7.2.2 Desarrollo De Interfaces De Smart Pet Bin (Menús De Usuario)

7.2.2.1 Menús de usuario

A continuación, se describen los aspectos que pueden encontrarse dentro de los dos perfiles: 1) Vista de usuarios. 2) Vista para los administradores.

La primera vista se muestra en la Figura 46 “Iniciar Sesión” esta permite a los usuarios ingresar al sistema escribiendo su usuario y contraseña.

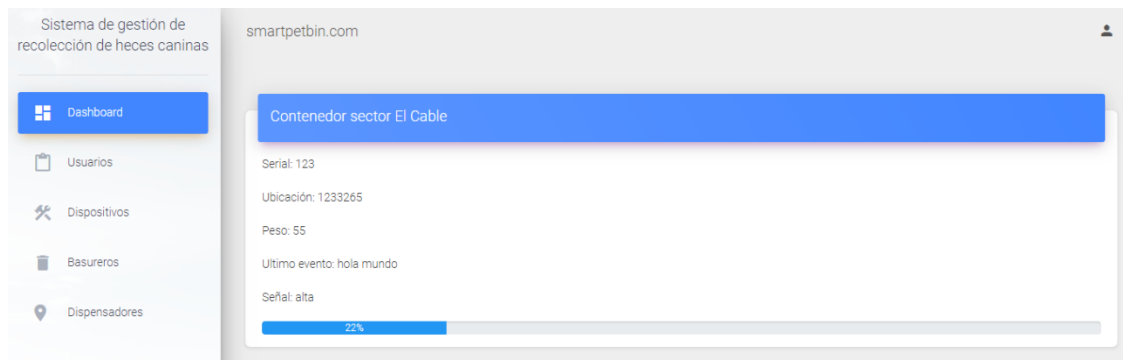
Figura 46 Inicio de sesión Smart Pet Bin.



Fuente: Autor

Una vez iniciada la sesión se presenta la vista inicial del sistema donde el administrador puede encontrar los diferentes submenús, el primero en salir es el Dashboard (Figura 47), donde se visualizan las incidencias más recientes de dispositivos y usuarios.

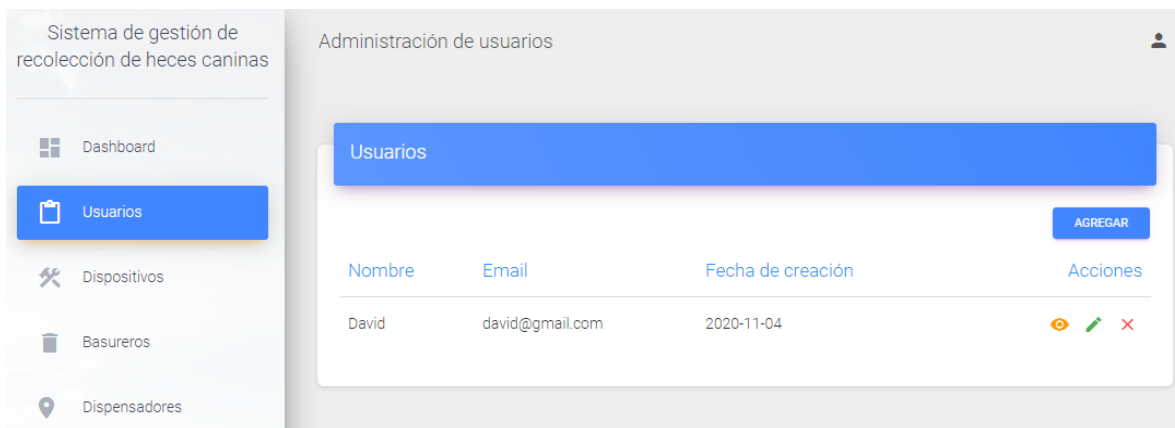
Figura 47 Dashboard Smart Pet Bin



Fuente: Autor

El siguiente submenú es el de usuarios, en esta sección se pueden observar los usuarios registrados en la plataforma con la siguiente información: Nombre, Email y Fecha de creación o registro, además con la opción de Acciones frente a cada uno de ellos, la cual permite visualizar, editar o eliminar el usuario, como se muestra en la Figura 48.

Figura 48 Usuarios Smart Pet Bin



Fuente: Autor

La sección siguiente es el submenú de “Dispositivos”, aquí se registra el dispositivo IoT que enviará datos al sistema desde cada contenedor con la información Nombre, Serial,

Latitud y Longitud, además frente a ellos se tiene la opción Acciones para editar o eliminar el dispositivo registrado como se evidencia en la Figura 49.

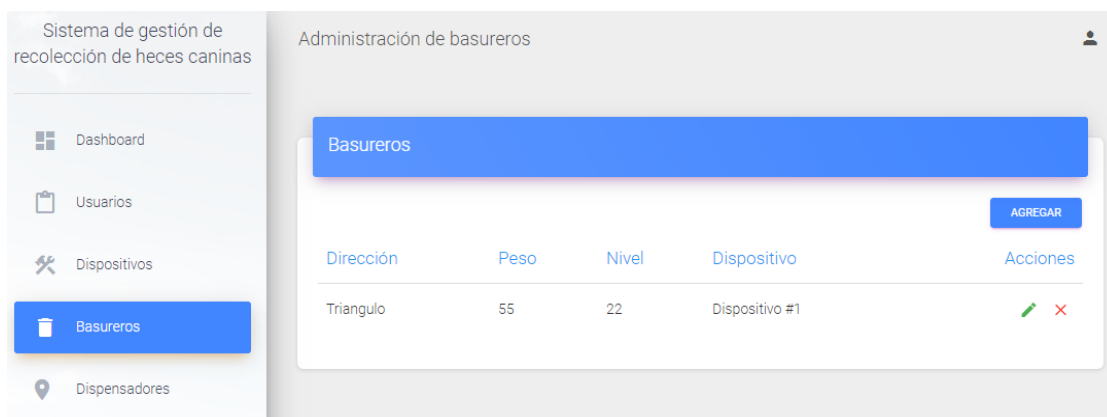
Figura 49 Dispositivos Smart Pet Bin



Fuente: Autor

Finalmente, el submenú “Basureros”, en esta sección se pueden observar los contenedores registrados en la plataforma con la información Dirección, Peso, Nivel y Dispositivo, además frente a cada uno de ellos se cuenta con la opción de editar o eliminar el registro como se muestra en la Figura 50.

Figura 50 Basureros Smart Pet Bin

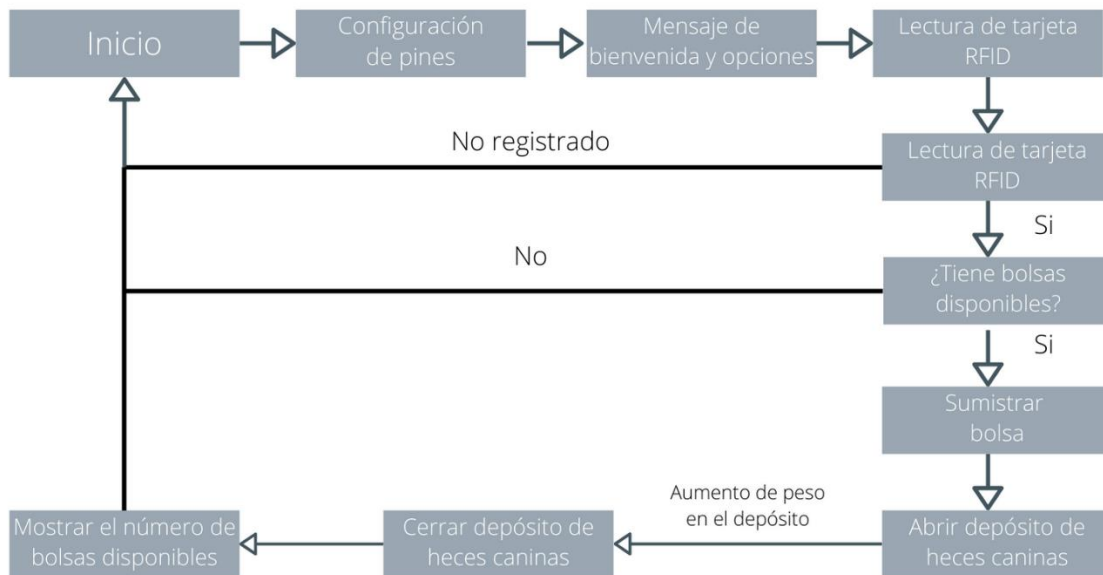


Fuente: Autor

7.2.3 Desarrollo Del Firmware

En la Figura 51 se muestra el diagrama de flujo desarrollado para realizar la programación del firmware del microcontrolador, en la configuración de pines se definen las entradas (sensores) y salidas (Actuadores) principalmente de tipo digital, el mensaje de Bienvenida se muestra en una pantalla LCD táctil de 3.2 que le brinda unas opciones al usuario, quien posteriormente acerca la tarjeta a un lector RFID, envía unos datos por MQTT y LoRaWAN para realizar una consulta en la base de datos y si el usuario está registrado en el sistema le muestra las opciones de solicitar bolsa o abrir depósito. El sistema está propuesto para ser usado con bolsas biodegradables para un posible aprovechamiento de las heces caninas, por tal motivo, el sistema en su etapa de prototipo solamente dejará arrojar las suministradas por este dispositivo.

Figura 51 Diagrama de proceso de programación firmware



Fuente: Autor

La programación del firmware definitivo del microcontrolador fue desarrollada de manera modular, se dividieron las diferentes etapas del código en funciones que en la etapa final se integraron como funciones, las cuales fueron divididas de la siguiente manera:

7.2.3.1 Actualización de sensores

Función denominada dentro del firmware como *actualización_sensores()* se encarga de adquirir las señales emitidas por los diferentes sensores conectados en el prototipo y realizar proceso de acondicionamiento para poder ser transmitidas más adelante bajo un formato String.

7.2.3.2 Obtener cantidad de bolsas

Función creada bajo el nombre *obtener_cantidad_bolsas()*, es la encargada de realizar una consulta SQL en la base de datos alojada en el VPS de Digital Ocean, este proceso se realiza bajo el protocolo MQTT con el tópico Usuario.

7.2.3.3 Lector de tarjetas RFID

Función creada bajo el nombre *receptor_tarjeta()*, se encarga de obtener el UID de las tarjetas y concatenar los datos para poderlos consultar en la base de datos

7.2.3.4 Mover motor

Función creada bajo el nombre *mover_motor()*, se encarga de obtener la cantidad de vueltas que da el motorreductor gracias al encoder que tiene incorporado.

7.2.3.5 Descontar bolsa

Función creada bajo el nombre *descontar_bolsa()*, se encarga de consultar la cantidad de bolsas que tiene disponible cada usuario en la base de datos, devuelve vía MQTT al dispositivo electrónico un mensaje con la cantidad disponible y finalmente actualiza los registros.

7.2.3.6 Callback

Función homónima encargada de recibir los datos y mensajes enviados desde el software Smart Pet Bin en el dispositivo electrónico bajo un tópico de MQTT.

7.2.3.7 *Iniciar conexión*

Función creada con el nombre *iniciarConexion()*, su función principal es la conectar el dispositivo electrónico al servidor y posteriormente a la base de datos, dentro de ella se registran la dirección IP del servidor, el puerto y los datos de acceso a la base de datos.

7.2.3.8 *Cerrar conexión*

Función creada con el nombre *cerrarConexion()*, su función principal es la finalizar la conexión entre dispositivo electrónico, el servidor y la base de datos.

7.2.4 Integración Del Hardware Con La Nube

Para dar cumplimiento al proceso de implementar un prototipo de dispensador funcional, integrando los diseños planteados, se realizaron una serie de desarrollos que se mencionan a continuación:

7.2.4.1 *Creación de usuarios y asignación de bolsas*

La función principal una vez que se ingresa al submenú de “Usuarios” es el listado de los que se encuentran registrados en el sistema, además, se pueden registrar nuevos usuarios ingresando los datos Nombre, Apellido, número de cédula, Dirección, UID, cantidad de bolsas, email y una contraseña, esto se muestra en la Figura 52.

Figura 52 Agregar usuario

The image shows a web interface for adding a new user. On the left is a sidebar menu with options: Dashboard, Usuarios (selected), Dispositivos, Basureros, and Dispensadores. The main content area is titled 'Agregar usuario' and contains a form with the following fields: Nombre, Apellido, Cedula, Celular, Dirección, Card id, Bags id, Email, Contraseña, and Confirmar contraseña. A blue 'CREAR' button is located at the bottom right of the form.

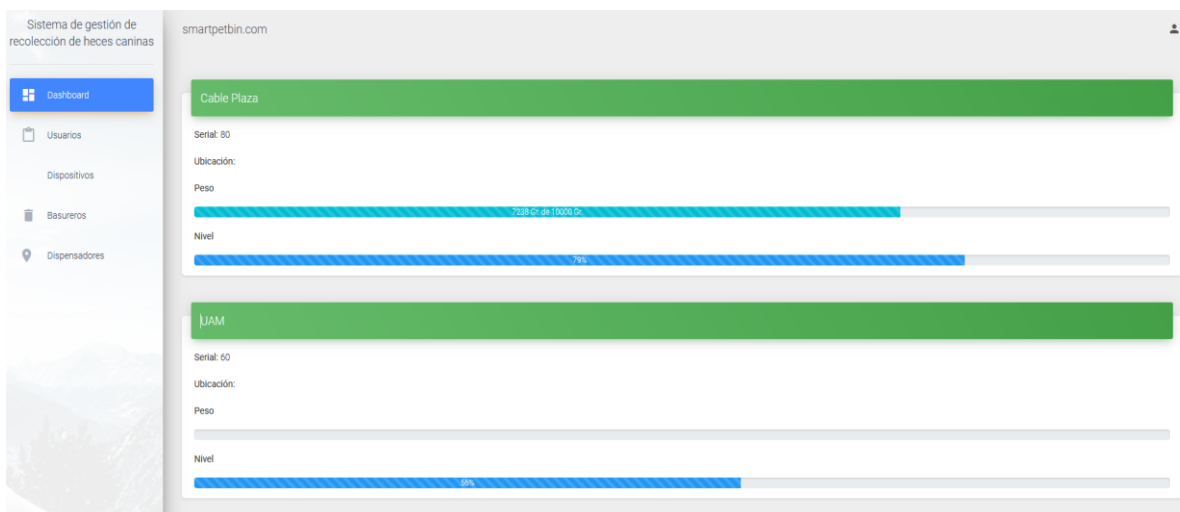
Fuente: Autor

Una vez que se ingresa el nuevo usuario, con los datos solicitados en los diferentes campos, dirigiéndose nuevamente en el submenú “Usuarios” se podrá visualizar la información actualizada con los usuarios pertenecientes al sistema.

7.2.4.2 Monitoreo de dispositivos

En la Figura 53 se muestran dos dispositivos con su número de serie que servirán como tópico para usar el protocolo MQTT como “Publisher” para el envío de datos desde el dispositivo a Smart Pet Bin y como “Subscriber” dentro del software para recibir los datos y mostrarlos en el submenú “Dashboard” con sus respectivas variables de nivel y peso, en caso de no realizar el proceso de suscripción a un tópico no podrán ser visualizados los datos.

Figura 53 Listado de dispositivos con respectivos Peso y Nivel



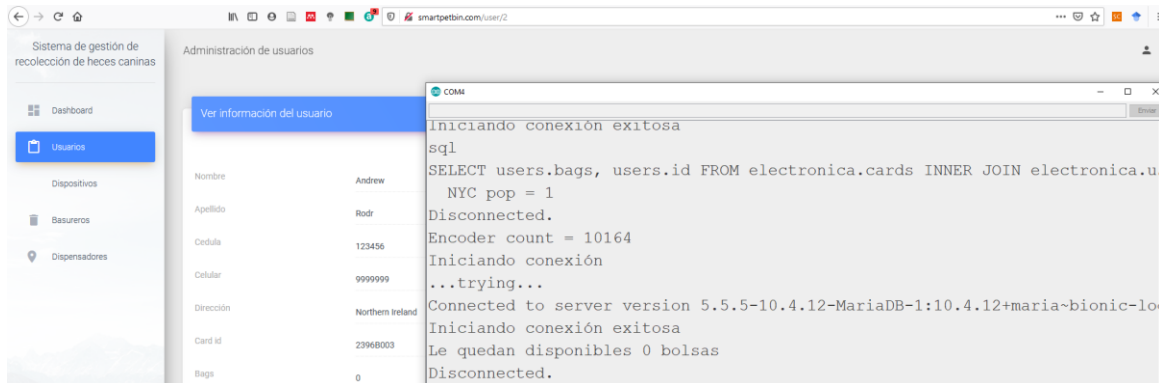
Fuente: Autor

7.2.4.3 Suministro de bolsas

En la Figura 54 se muestra el funcionamiento del proceso de suministro de bolsas, para llegar a este resultado se realizaron una serie de pruebas, en primer lugar, se determinaron unas bolsas específicas para el sistema, se midió su longitud y posteriormente con la retroalimentación entregada por el encoder del motor DC instalado en la estructura, se llevaron a cabo unas pruebas que permitieron asociar el número de pulsos a la distancia recorrida para suministrar una bolsa. Adicionalmente, en la Figura 54 se evidencia el software en la nube Smart Pet Bin recibiendo en primera instancia la información generada por un usuario registrado en la base de datos del sistema, se verifica a través de un lector RFID el UID de la tarjeta, se envía la información a la nube a través de los protocolos MQTT en modalidad “Publisher” con el número de serie del dispositivo como tópico y el LoRaWAN para realizar la consulta de la existencia del registro, la conectividad con la nube se realiza a través de un Dragino LG02, posteriormente, para que el software reciba y muestre los datos en la plataforma se debe realizar dentro de Smart Pet Bin la suscripción vía MQTT al tópico del cual se quieren visualizar los datos; si el usuario está registrado dentro del sistema y tiene bolsas disponibles, el dispositivo le suministrará una y le mostrará la cantidad que le quedan disponibles, se le habilitará el depósito para arrojar las

heces de su perro, será enviado vía MQTT los nuevos valores en el contenedor, actualizando en el software el peso y el volumen una vez que se haya terminado el proceso, en caso contrario, le notificará que no tiene bolsas disponibles y/o que no está registrado en el sistema.

Figura 54 Suministro de bolsas



Fuente: Autor

7.3 PRUEBAS DEL PROTOTIPO

Las pruebas realizadas en las diferentes etapas del proceso de investigación fueron:

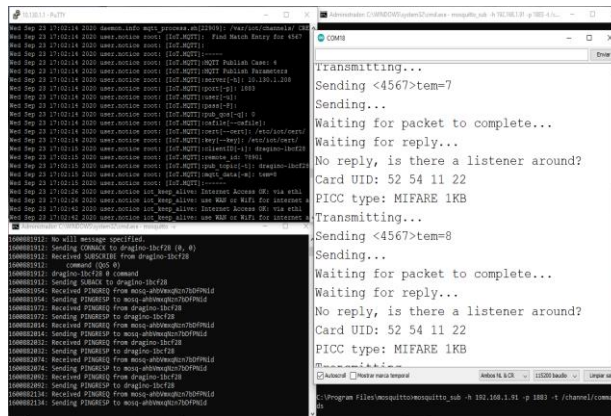
7.3.1 Medición De Peso Y Volumen

En esta primera prueba después haber seleccionado los diferentes sensores y actuadores necesarios para la puesta en marcha del sistema, se realizaron testeos asociados a la celda de carga, fue seleccionada una con peso límite de 10 kilogramos acompañado de un transmisor para celdas de carga HX711 encargado de realizar una conversión analógica – digital. Se realizó su calibración en primera instancia y posteriormente se verificó su correcto funcionamiento con objetos de masas conocidas como se evidencia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

7.3.2 Identificación De Usuarios

Se desarrolló un firmware que en primera instancia extraía el UID de las tarjetas de RFID, este era transmitido vía LoRaWAN a través de un gateway Dragino LG02 que se encarga de establecer la comunicación con la nube. En la Figura 55 se muestran los resultados de estas pruebas que se cumplieron de manera satisfactoria, en el primer recuadro se observan los datos que son enviado a través del Dragino a la nube, en el segundo los datos de las tarjetas de RFID y la información con el ID del nodo creado para transmitir información a la nube y en el recuadro de la parte inferior izquierda se puede corroborar el envío y recepción de datos por parte del gateway.

Figura 55 Pruebas de identificación de usuarios

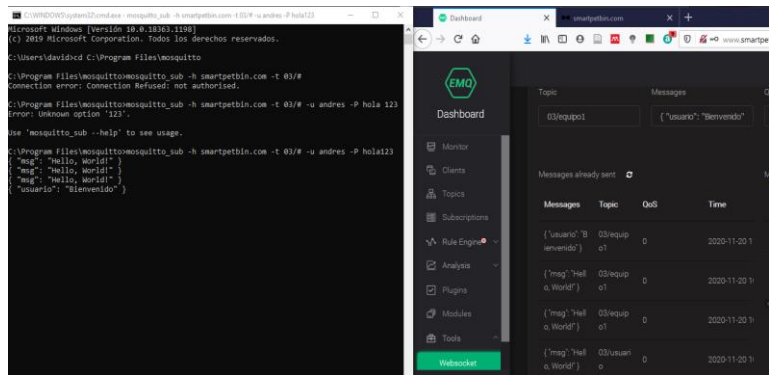


Fuente: Autor

7.3.3 Conectividad Con La Nube Haciendo Uso Del Protocolo MQTT

Una vez que se verificó el correcto funcionamiento del gateway Dragino LG02 y el firmware desarrollado para la autenticación de usuarios, se llevaron a cabo unas pruebas de integración entre el hardware y la nube, se enviaron datos desde el gateway Dragino a través del bróker Mosquitto instalado en su sistema operativo, se configuró como “Publisher” y esta información fue enviada al bróker EMQX instalado en el software Smart Pet Bin, en función “Subscriber”. En la Figura 56 se muestran las evidencias de lo anteriormente mencionado, se lograron los resultados esperados y en el proceso de pruebas se realizó un ajuste que, en caso de existir un problema de conectividad entre el dispositivo electrónico y el software, exista una retención de datos y cuando se reestablezcan sean publicados en EMQX y sean visualizados en el “Dashboard” de Smart Pet Bin.

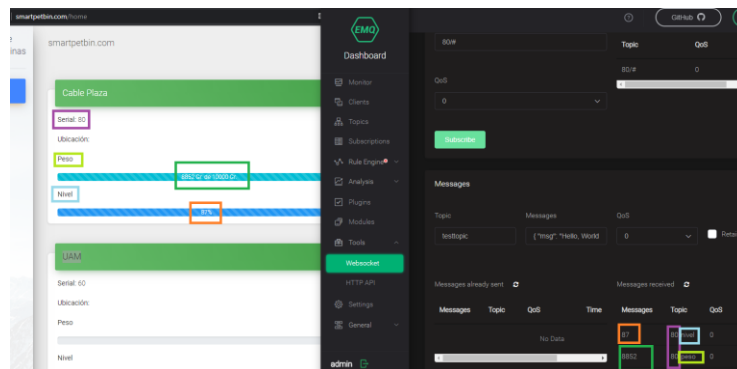
Figura 56 Verificación del protocolo MQTT modo Subscriber



Fuente: Autor

Finalmente, para cumplir con la ruta de integración entre el dispositivo electrónico y el software en la nube Smart Pet Bin, se realizaron las pruebas de conectividad entre el bróker EMQX y el Dashboard del software, los recuadros dependiendo sus colores permiten relacionar los datos enviados desde el bróker con los visualizados en el software.

Figura 57 Prueba de comunicación entre bróker EMQX y el Dashboard de Smart Pet Bin



Fuente: Autor

7.4 PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se describen los productos asociados a los resultados de las actividades de investigación desarrolladas en el presente proyecto:

7.4.1 Productos De Las Actividades De Apropiación Social Del Conocimiento

Este proyecto creó espacios para compartir e intercambiar, ideas, conocimientos y desarrollar nuevas habilidades reflejadas en aprendizaje como se evidencia en la Tabla 4.

Tabla 4 Productos de las actividades de Apropiación Social del Conocimiento.

Tipo de producto	Resultado esperado	Beneficiario	Medio de verificación
Ponencia	Participación en encuentro regional de semilleros 2020 nodo Caldas RREDSI	Víctor Manuel Ramírez Valencia	- Póster. - Certificado de participación como ponente

Fuente: Autor

7.4.2 Productos De Las Actividades De Formación De Recurso Humano Para CTel

Este proyecto permitió la generación de nuevos conocimientos en estudiantes de ingeniería de sistemas, electrónica e industrial de la Universidad Autónoma de Manizales los cuales se vieron reflejados en los trabajos de grado de la Tabla 5.

Tabla 5 Productos de las actividades de Formación de Recurso Humano para la CTeI.

Tipo de producto	Resultado esperado	Beneficiario	Medio de verificación
Formación de pregrado	Trabajo de grado como requisito para optar al título de ingeniero electrónico	Víctor Manuel Ramírez Valencia	Documento del trabajo de grado
Formación de pregrado	Trabajo de grado como requisito para optar al título de ingeniero de sistemas	Andrés David Rodríguez Rodríguez	Documento del trabajo de grado
Formación de pregrado	Trabajo de grado como requisito para optar al título de ingeniera industrial	Silvia Cruz Cano	Documento del trabajo de grado

Fuente: Autor

7.4.3 Productos De Generación De Nuevo Conocimiento

Tabla 6 Productos de las actividades de Generación de Nuevo Conocimiento

Tipo de producto	Resultado esperado	Beneficiario	Medio de verificación
Artículo científico	Artículo de investigación B.	David Ricardo Rivera Arbeláez	Copia correo electrónico remitido por la revista dejando constancia que el artículo se asignará a revisión por pares

Fuente: Autor

7.4.4 Productos De Las Actividades De Desarrollo Tecnológico E Innovación

Tabla 7 Productos de las actividades de Desarrollo Tecnológico e Innovación

Tipo de producto	Resultado esperado	Beneficiario	Medio de verificación
Software	Software producto del proyecto de investigación (Smart Pet Bin).	David Ricardo Rivera Arbeláez	Número de radicación 1-2020-133325 en la Oficina Nacional de Derechos de Autor. Software en la nube alojado en el dominio www.smartpetbin.com

Fuente: Autor

8 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1 DISEÑO ELECTRÓNICO

A nivel de diseño electrónico, el microcontrolador ATMEGA32u4 y el módulo LoRa RFM95 incorporados en la placa BFrance Lora32u4 permitieron la creación de un dispositivo basado en el Internet de las Cosas, sus niveles de tensión lógicos fueron compatibles con los otros componentes electrónicos, la programación fue realizada con el IDE Arduino permitiendo en etapas futuras el uso de otros microcontroladores de las empresas ATMEL ahora MICROCHIP o ESPRESSIF por mencionar algunas.

8.2 DESARROLLO DE SOFTWARE

El desarrollo de un software en la nube a la medida obedeció a la necesidad de contar con una herramienta que cumpliera con los requerimientos de la solución propuesta en los objetivos del presente proyecto, otros factores que influyeron en esta decisión fueron la intencionalidad de crear un spin-off a partir de este desarrollo tecnológico, a nivel técnico las plataformas comerciales Blynk, Thinger.io, Cayenne myDevices, Ubidots, Thingspeak cuentan con unos periodos de muestreo predeterminados que afectaban la escalabilidad y sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

8.3 INTEGRACIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO CON LA NUBE

El intercambio de datos entre la aplicación web y el dispositivo se realizó haciendo uso del protocolo MQTT a nivel informático por su bajo consumo de datos, sencillez y seguir y un Dragino LG02 estuvo a cargo de comunicar el servidor web con el módulo LoRa RFM95. El software en la nube fue alojado en un Servidor Virtual Privado (VPS) de de la empresa Digital Ocean con 40 GB SSD, 1 GB, instalado sobre el sistema operativo Ubuntu, este proveedor resultó la mejor opción por sus excelentes prestaciones costo - beneficio /

rendimiento. Esta solución fue hospedada en el dominio www.smartpetbin.com, nombre homónimo al software.

8.4 SEGURIDAD EN IOT

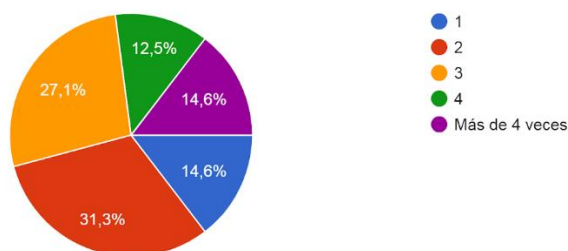
El sistema de autenticación de usuarios en la plataforma cuenta con el servicio Fingerprint que permite el inicio de sesión en teléfonos inteligentes con pantalla táctil que puedan tomar la imagen de una huella dactilar y digitalizarla, gracias a un software que trabaja con algoritmos complejos para reconocimiento y análisis de rasgos específicos en la huella dactilar, esto mejora la seguridad del sistema desarrollado.

8.5 EXPERIENCIA DE USUARIO FRENTE A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA PROPUESTA

Para medir la percepción de los posibles usuarios del presente desarrollo tecnológico se desarrolló una encuesta electrónica a través de Google Forms, fue realizada 112 personas de diferentes ciudades, esta arrojó que el 54.5% de los encuestados conviven con un perro, de los cuales el 78,3% lo pasean diariamente y el 13.3% de los propietarios lo hace semanalmente, esto evidencia el compromiso del dueño por su mascota y la relevancia que representa para ellos pasearla. Además, como se muestra a continuación, las personas que pasean diariamente su perro lo realizan con la frecuencia presentada en la Figura 58.

Figura 58 Frecuencia diaria de paseo de mascotas

¿Cuántas veces sale diariamente con su perro?
48 respuestas



Fuente: Autor

En la Figura 59 se muestra la frecuencia con la que las personas pasean semanalmente a sus perros, esto demuestra la importancia de ofrecer mecanismos que mejoren la experiencia de los dueños de las mascotas en esos momentos.

Figura 59 Frecuencia semanal de paseo de mascotas



Fuente: Autor

Adicionalmente, la encuesta arrojó otro dato importante para la presente investigación, en la Figura 60 se evidencia que que el 69,6% de los dueños de mascotas olvidan llevar bolsa para recoger las heces de su perro cuando lo sacan a pasear, y que de no contar con bolsas en el lugar público no se realizaría la recolección.

Figura 60 Olvido de bolsa para recoger las heces caninas



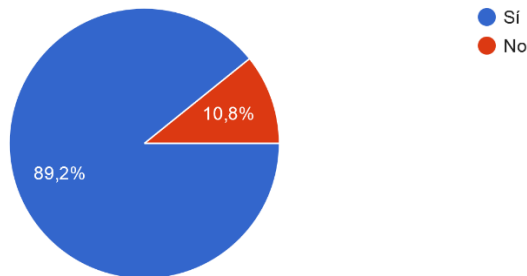
Fuente: Autor

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, eso influye en que las personas con o sin mascotas que se encuentren en estos lugares tengan que tolerar malos olores, como lo han percibido el 89.2% de las personas encuestadas como se evidencia en la Figura 61.

Figura 61 Malos olores asociados a heces caninas en espacios públicos

¿Ha tenido que tolerar malos olores en espacios públicos por la ineficiencia en el proceso de recolección de heces caninas y la falta de soluciones para llevar a cabo su disposición final?

102 respuestas



Fuente: Autor

8.6 PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

Como resultados a nivel investigativo, este proyecto por sus diferentes componentes permitió llevar a cabo trabajos de grado en los programas de ingeniería electrónica, ingeniería de sistemas e ingeniería industrial (Tabla 5 Productos de las actividades de Formación de Recurso Humano para la CTeI.), participación en eventos científicos (Tabla 4 Productos de las actividades de Apropiación Social del Conocimiento.), además ha generado un fuerte interés en la comunidad académica de la Universidad Autónoma de Manizales, viéndose reflejado en el número de estudiantes en los semilleros de investigación asociados al presente desarrollo tecnológico.

9 CONCLUSIONES

La revisión de antecedentes correspondió a investigaciones y desarrollos asociados al diseño de sistemas inteligentes de recolección de basuras, se encontraron algunos hallazgos de dispositivos para heces caninas a nivel nacional, esto muestra que hay ciertos avances y desarrollos tecnológicos llevados a cabo por universidades e instituciones educativas. Esto permitió identificar oportunidades para realizar investigaciones, por ejemplo, el desarrollo tecnológico propuesto en la presente investigación, los documentados como antecedentes ayuden a solucionar algunas adversidades entre las cuales vale la pena resaltar que se enfocan en monitorear el volumen y o el peso de los contenedores de basura y un solo proyecto (Suncan) monitoreaba estas variables en heces caninas pero no suplen la necesidad de suministrar bolsas a los usuarios como fue mencionado en el área problemática descrita en el capítulo 3.

La encuesta realizada fue respondida por 112 personas de diferentes ciudades de Colombia demuestra la importancia de la implementación de proyectos de estas características, independientemente que sean personas que no conviven con perros, de las 107 personas que respondieron la pregunta ¿Considera importante que haya bolsas en lugares públicos para recoger las heces de los perros? El 98.1% equivalente a 105 personas respondieron Si. Adicionalmente, otro dato importante adquirido fue bajo la pregunta ¿Considera pertinente un sistema que suministre bolsas, informe la disponibilidad de estas y permita depositar las heces caninas de manera segura sin generar malos olores? Esta fue respondida por 107 personas, el 99.1% equivalente a 106 respondieron que Si. Finalmente, en esa muestra el 85% (91 de 107 encuestados) respondieron afirmativamente a la pregunta ¿Le gustaría ser usuario de un sistema que ayude a mejorar la recolección de heces caninas en espacios públicos? Lo anteriormente enunciado demuestra la importancia de llevar a cabo este proyecto y materializarlo como un spin-off.

Los componentes electrónicos en su mayoría fueron seleccionados de bajo costo, sin embargo, los condensadores utilizados en la placa fueron con baja resistencia en serie

equivalente (Low ESR) priorizando menores pérdidas de potencia y reduciendo problemas de calentamiento interno. La programación del microcontrolador y el software en la nube fueron desarrollados con plataformas *open source* con la finalidad de realizar un dispositivo con precio competitivo cuando sea puesto en el mercado y reducir costos en licenciamientos de software.

Así mismo, las metodologías de diseño utilizadas en los diferentes componentes de este trabajo, tenían la intencionalidad de dar solución a los requerimientos propuestos en cada uno de los componentes, dando como resultado diagramas esquemáticos, diseño de PCB, planos de estructura mecánica, casos de uso, desarrollo e implementación de software en la nube, bases de datos con registro de usuarios.

El presente trabajo de investigación permite consolidar el concepto de *Smart cities*, solucionando problemas ambientales que afectan la convivencia en armonía de la ciudadanía gracias a la implementación de tecnologías inalámbricas (LoRa/LoRaWAN) con un bajo consumo de potencia y un amplio rango de cobertura. Esto permite además el ahorro en planes de datos y redes Wi-Fi para establecer la conectividad entre el dispositivo y el servidor virtual privado (VPS).

Una de las grandes ventajas de la página web en la cual se encuentra hospedada la solución en la nube Smart Pet Bin son sus características de ser un desarrollo a la medida personalizado y que cumple con los objetivos planteados en la presente investigación, a diferencia de otras plataformas orientadas al IoT como ThingSpeak no tiene limitaciones de envío de datos cada 15 segundos, pueden ser enviados cada vez que se genere una solicitud en el servidor o en el prototipo.

La implementación de este prototipo permitirá a las ciudades contar con herramientas que les suministren información sobre las mascotas y sus propietarios, controlar el uso de bolsas en los dispensadores de bolsas para recolección de heces caninas, mejorar la calidad

del aire de los lugares propuestos para instalar estos equipos y reducir los problemas de ciudadanía por la mala gestión de las deposiciones de las mascotas, entre otras bondades.

10 RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

La información obtenida en este proyecto, proporciona recursos para diseñar un dispensador de bolsas electrónico basado en el microcontrolador ATmega32U4 y un sistema de información haciendo uso del Internet de las Cosas (IoT), para la asistencia en la recolección de heces de mascotas en espacios públicos. Para lograr esto se inició con el estudio de las diferentes problemáticas asociadas a la mala gestión de las heces caninas, que van desde problemas de convivencia ciudadana, malos olores, problemas de salud, entre otras; se plantearon una serie de diseños, metodologías y desarrollos tecnológicos para solucionarlas, sin embargo, es sumamente importante seguir realizando este tipo de estudios que generen nuevos conceptos en los diseños, en el software y compararlos con los existentes.

Con la implementación de este dispositivo, con mejoras en su hardware y actualizaciones periódicas de su software se podrán realizar almacenamiento de datos en la nube para su posterior analítica, todo esto permitirá:

- Censo de mascotas y sus propietarios.
- Reemplazo de los sistemas actuales de recolección de heces caninas.
- Creación de rutas de recolección que no afecten el tráfico en la ciudad.
- El sistema de depósito puede ser modificado para otros desarrollos que mejoren por ejemplo la recolección de basuras.

Las áreas de trabajo futuro para este desarrollo tecnológico, una vez superada la emergencia sanitaria a nivel mundial por el coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19) serán:

- Prototipar los diseños electrónico y mecánico para contar con un equipo de pruebas para verificar el grado de aceptación que tendría un sistema de este tipo en la vida cotidiana de la ciudadanía.

- Realizar el registro del diseño industrial asociado a la estructura, mecanismo de suministro de bolsas y contenedor de heces caninas, una vez haya sido verificada la funcionalidad del dispositivo.
- Análisis de datos provenientes de los basureros, la cantidad de veces que los propietarios salen con sus perros y depositan heces, por otro lado, brindarle a las empresas recolectoras de basura una herramienta para la toma de decisiones a la hora de realizar procesos de recolección y lograr una mayor eficiencia en el uso de las horas laborales por parte de sus operadores.
- Creación de un spin-off que permita seguir realizando desarrollos tecnológicos dentro de la academia hasta que alcancen su nivel de madurez de ser un producto final, contar con personal investigador muy valioso y obtener rendimientos económicos del proceso que permitan crear nuevas iniciativas y proveer de recursos al semillero de investigación.

11 REFERENCIAS

- [1] 4Patas, «Mascotas en lugar de hijos, la decisión de los ‘Millenials’», *Los jóvenes quieren más mascotas que hijos*.
<https://www.4patas.com.co/clasificados/articulo/jovenes-quieren-mas--mascotas-que-hijos/3575> (accedido mar. 07, 2019).
- [2] A. Tamboli, *Build your own IoT platform: develop a fully flexible and scalable Internet of Things platform in 24 hours*. 2019.
- [3] S. S. Bhattacharyya, M. Potkonjak, y S. Velipasalar, *Embedded, Cyber-Physical, and IoT Systems: Essays Dedicated to Marilyn Wolf on the Occasion of Her 60th Birthday*. Cham: Springer, 2020.
- [4] S.-L. Peng, S. Pal, y L. Huang, «Internet of Things: Foundation», en *Principles of Internet of Things (IoT) Ecosystem: insight paradigm*, 2020.
- [5] «En Manizales instalarán 55 nuevos dispensadores de bolsas para residuos caninos», *ELESPECTADOR.COM*, ago. 12, 2015.
<https://www.elespectador.com/noticias/nacional/manizales-instalaran-55-nuevos-dispensadores-de-bolsas-articulo-578689> (accedido dic. 30, 2018).
- [6] «¿Qué ocurre con las bolsas plásticas para residuos de mascotas?», *El Nuevo Siglo Bogotá*. <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/03-2017-que-ocurre-con-las-bolsas-plasticas-con-que-se-recogen-residuos-de-mascotas> (accedido ene. 09, 2019).
- [7] M. L. Gómez, «Manizales tendrá bolsas gratis para excremento de perros», feb. 12, 2014. <https://www.lapatria.com/manizales/manizales-tendra-bolsas-gratis-para-excremento-de-perros-54890> (accedido nov. 16, 2020).
- [8] «Bolsas gratis en Manizales para evitar heces de perro en las calles».
<https://www.lapatria.com/manizales/bolsas-gratis-en-manizales-para-evitar-heces-de-perro-en-las-calles-82346> (accedido jun. 25, 2020).
- [9] «PETBOX, en los parques de Bucaramanga», *Radio Nacional de Colombia*, feb. 23, 2015. <https://www.radionacional.co/noticia/petbox-en-los-parques-de-bucaramanga> (accedido dic. 30, 2018).
- [10] A. Elasmár, «Así es un “dispensador gratuito de cultura ciudadana” en Puente Largo», *La Ciudad*, 2016. <https://www.civico.com/bogota/noticias/asi-funciona-en-puente-largo-un-dispensador-gratuito-de-cultura-ciudadana> (accedido nov. 16, 2020).
- [11] M. Noticias, «Instalan modernos dispensadores para depositar los excrementos de los perros», *E-max*. <https://maldonadonoticias.com/beta/medio-ambiente/10622-instalan-modernos-dispensadores-para-depositar-los-excrementos-de-los-perros.html> (accedido nov. 16, 2020).
- [12] L. Mañana, «En Córdoba podrían colocar dispensadores de bolsas para recoger heces de perros», *La NUEVA Mañana*, sep. 19, 2017.
<https://lmdiarario.com.ar/noticia/20798/en-cordoba-podrian-colocar-dispensadores-de-bolsas-para-recoger-heces-de-perros> (accedido oct. 19, 2018).
- [13] A. de Torre Pacheco, «STV inicia la instalación de 50 papeleras con bolsas para excrementos caninos en todo el municipio - murcia.com», *Murcia*, nov. 25, 2019.
<https://www.murcia.com/torrepacheco/noticias/2019/11/25--papeleras-con-bolsas-para-excrementos-caninos.asp> (accedido nov. 16, 2020).

- [14] NCR24, «Papeleras especiales para excrementos caninos en Manzanares», *Noticias de ciudad Real 24H*, oct. 13, 2017.
<https://noticiasciudadreal.com/2017/10/13/papeleras-especiales-para-excrementos-caninos-en-manzanares/> (accedido nov. 16, 2020).
- [15] J.-T. Pinzón-Delgado, M.-A. Aragón-Barrero, N.-Z. Correa-Rincón, y P.-A. Perdomo-Santos, «Diseño e implementación de un prototipo de caneca inteligente para la recolección de heces caninas suncan.», p. 85.
- [16] Y. Glouche y P. Couderc, «A Smart Waste Management with Self-Describing objects», p. 9, 2013.
- [17] C. K. M. Lee y T. Wu, «Design and development waste management system in Hong Kong», en *2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Selangor Darul Ehsan, Malaysia, dic. 2014, pp. 798-802, doi: 10.1109/IEEM.2014.7058748.
- [18] Department of Computer Engineering, Bharati Vidhyapeeth College of Engineering, Pune, Maharashtra, India *et al.*, «IoT Based Smart Waste Management System for Smart City», *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Softw. Eng.*, vol. 7, n.º 4, pp. 407-410, abr. 2017, doi: 10.23956/ijarcsse/V7I4/0245.
- [19] P. Fedchenkov, A. Zaslavsky, y I. Sosunova, «Enabling smart waste management with sensorized garbage bins and low power data communications network», en *Proceedings of the Seventh International Conference on the Internet of Things - IoT '17*, Linz, Austria, 2017, pp. 1-2, doi: 10.1145/3131542.3140264.
- [20] S. S. Chaudhari y V. Y. Bhole, «Solid Waste Collection as a Service using IoT-Solution for Smart Cities», en *2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology (ICSCET)*, ene. 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICSCET.2018.8537326.
- [21] T. D. Nisarga, S. Parashar, R. Suhas, y R. Shilpa, «Wastebin Monitoring System using Integrated Technology and IoT», *Int. J. Eng. Res.*, vol. 6, n.º 13, p. 4, 2018.
- [22] N. Abdullah, O. A. Alwesabi, y R. Abdullah, «IoT-Based Smart Waste Management System in a Smart City», en *Recent Trends in Data Science and Soft Computing*, vol. 843, F. Saeed, N. Gazem, F. Mohammed, y A. Busalim, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 364-371.
- [23] P. Chowdhury, R. Sen, D. Ray, P. Roy, y S. Sarkar, «Garbage Monitoring and Disposal System for Smart City Using Iot», en *2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT)*, Bangalore, India, ago. 2018, pp. 455-460, doi: 10.1109/ICGCIoT.2018.8753060.
- [24] R. K. Singhvi, R. L. Lohar, A. Kumar, R. Sharma, L. D. Sharma, y R. K. Saraswat, «IoT Based Smart Waste Management System: India prospective», en *2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, Ghaziabad, India, abr. 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/IoT-SIU.2019.8777698.
- [25] D. Ziouzos y M. Dasygenis, *A smart bin implementation using LoRa*. Greece, 2019.
- [26] K. Jaikumar, T. Brindha, T. K. Deepalakshmi, y S. Gomathi, «IOT Assisted MQTT for Segregation and Monitoring of Waste for Smart Cities», en *2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, Coimbatore, India, mar. 2020, pp. 887-891, doi: 10.1109/ICACCS48705.2020.9074399.

- [27] H. Earth, «Cambridge ilumina sus parques con excremento de perro», *HEART OF EARTH®*, oct. 23, 2013. <https://heartofearthcompany.wordpress.com/2013/10/23/cambridge-ilumina-sus-parques-con-excremento-de-perro/> (accedido nov. 16, 2020).
- [28] M. Alguero, «Perros y contratos, en distintos platos por el suministro de bolsas en los dispensadores», nov. 05, 2017. <https://www.lapatria.com/manizales/perros-y-contratos-en-distintos-platos-por-el-suministro-de-bolsas-en-los-dispensadores> (accedido nov. 16, 2020).
- [29] L. Patria, «Hay que educar es a los dueños de las mascotas, concluyen en sesión del Concejo de Manizales», *La Patria*, may 31, 2014. <https://www.lapatria.com/manizales/hay-que-educar-es-los-duenos-de-las-mascotas-concluyen-en-sesion-del-concejo-de-manizales> (accedido nov. 16, 2020).
- [30] L. Patria, «Dispensadores de bolsas para heces de perros, solo para residuos pequeños», *La Patria*. <https://www.lapatria.com/denuncie/dispensadores-de-bolsas-para-heces-de-perros-solo-para-residuos-pequenos-199319> (accedido nov. 16, 2020).
- [31] MinSalud, «Reporte de vacunación antirrábica de perros y gatos Colombia año 2017». 2017, [En línea]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/nacional-municipio-2017.pdf>.
- [32] Greenpeace, «Plásticos en los océanos. Datos, comparativas e impactos», p. 5.
- [33] «Colombia se compromete a luchar contra el plástico de un solo uso junto a 170 países | EL ESPECTADOR». <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-se-compromete-a-luchar-contra-el-plastico-de-un-solo-uso-junto-a-170-paises/> (accedido sep. 11, 2020).
- [33] «Resolución 668 De 2016 Que Regula El Uso De Bolsas Plásticas En Colombia», *Asociación Ambiente y Sociedad*. <https://www.ambienteysociedad.org.co/resolucion-668-de-2016-que-regula-el-uso-de-bolsas-plasticas-en-colombia/> (accedido sep. 11, 2020).
- [35] M. Wolf, *Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design*. s.l: Elsevier Science, 2016.
- [36] D. E. Bolanakis, *Microcontroller education: do it yourself, reinvent the wheel, code to learn*. 2018.
- [37] W. S. Snyder y M. Mar, «Microcontroller programmable system on a chip», US10248604B2, abr. 02, 2019.
- [38] «ATmega16U4/32U4 Datasheet», p. 413.
- [39] O. O. Flores-Cortez y V. I. Rosa, «Monitoreo remoto usando internet de las cosas», en *2017 IEEE 37th Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXVII)*, Managua, nov. 2017, pp. 1-3, doi: 10.1109/CONCAPAN.2017.8278466.
- [40] D. Evans, «Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo», p. 12, 2011.
- [41] S. Shen, School of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing China, M. Carug, y Study Group 13, International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Section, Geneva, Switzerland, «An Evolutionary Way to Standardize the Internet of Things», *J. ICT Stand.*, vol. 2, n.º 2, pp. 87-108, 2014, doi: 10.13052/jicts2245-800X.222.

- [42] Carlos García Moreno, «Análisis del “Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018” de Gartner | indra», *Innovación + Tecnología*.
<https://www.indracompany.com/es/blogneo/analisis-hype-cycle-emerging-technologies-2018-gartner> (accedido mar. 17, 2019).
- [43] «5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018».
<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/> (accedido mar. 17, 2019).
- [44] J. E. Ibarra-Esquer, F. F. González-Navarro, B. L. Flores-Rios, L. Burtseva, y M. A. Astorga-Vargas, «Tracking the Evolution of the Internet of Things Concept Across Different Application Domains», *Sensors*, vol. 17, n.º 6, jun. 2017, doi: 10.3390/s17061379.
- [45] C. C. Aggarwal, N. Ashish, y A. Sheth, «The Internet of Things: A Survey from the Data-Centric Perspective», en *Managing and Mining Sensor Data*, C. C. Aggarwal, Ed. Boston, MA: Springer US, 2013, pp. 383-428.
- [46] T. Sánchez López, D. C. Ranasinghe, M. Harrison, y D. McFarlane, «Adding sense to the Internet of Things: An architecture framework for Smart Object systems», *Pers. Ubiquitous Comput.*, vol. 16, n.º 3, pp. 291-308, mar. 2012, doi: 10.1007/s00779-011-0399-8.
- [47] E. Borgia, «The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues», *Comput. Commun.*, vol. 54, pp. 1-31, dic. 2014, doi: 10.1016/j.comcom.2014.09.008.
- [48] P. Cunningham, M. Cunningham (eds, L. Coetzee, y J. Eksteen, *The Internet of Things – Promise for the Future? An Introduction*. .
- [49] «(PDF) Security in Wireless Sensor Networks Using Lightweight Cryptography».», *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/320408314_Security_in_Wireless_Sensor_Networks_Using_Lightweight_Cryptography (accedido mar. 16, 2019).
- [50] V. Rao y P. K.V., «Light-weight hashing method for user authentication in Internet-of-Things», *Ad Hoc Netw.*, vol. 89, pp. 97-106, jun. 2019, doi: 10.1016/j.adhoc.2019.03.003.
- [51] D. Dinculeană y X. Cheng, «Vulnerabilities and Limitations of MQTT Protocol Used between IoT Devices», *Appl. Sci.*, vol. 9, n.º 5, p. 848, ene. 2019, doi: 10.3390/app9050848.
- [52] S. Kolozali, M. Bermudez-Edo, D. Puschmann, F. Ganz, y P. Barnaghi, «A Knowledge-Based Approach for Real-Time IoT Data Stream Annotation and Processing», en *2014 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings), and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom)*, sep. 2014, pp. 215-222, doi: 10.1109/iThings.2014.39.
- [53] D. Alessandrelli, M. Petraccay, y P. Pagano, «T-Res: Enabling Reconfigurable In-network Processing in IoT-based WSNs», en *2013 IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems*, may 2013, pp. 337-344, doi: 10.1109/DCOSS.2013.75.
- [54] M. Haghighi, Z. Qin, D. Carboni, U. Adeel, F. Shi, y J. A. McCann, «Game theoretic and auction-based algorithms towards opportunistic communications in

- LPWA LoRa networks», en *2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, Reston, VA, USA, dic. 2016, pp. 735-740, doi: 10.1109/WF-IoT.2016.7845517.
- [55] K. Shankar y M. Elhoseny, *Secure Image Transmission in Wireless Sensor Network (WSN) Applications*, vol. 564. Cham: Springer International Publishing, 2019.
- [56] L. Nastase, «Security in the Internet of Things: A Survey on Application Layer Protocols», en *2017 21st International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS)*, may 2017, pp. 659-666, doi: 10.1109/CSCS.2017.101.
- [57] J. Dizdarevic, F. Carpio, A. Jukan, y X. Masip-Bruin, «Survey of Communication Protocols for Internet-of-Things and Related Challenges of Fog and Cloud Computing Integration», *ACM Comput. Surv.*, vol. 51, n.º 6, pp. 1-29, ene. 2019, doi: 10.1145/3292674.
- [58] N. Defossé, M. Gómez, y P. Konstantinoff, «Implementación de Middleware Publicador/Subscriber para Aplicaciones Web de Monitoreo», pp. 181-185, 2017.
- [59] Antonio Grasso, «MQTT vs HTTP; what is the best protocol for IoT», *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/308654257_MQTT_vs_HTTP_what_is_the_best_protocol_for_IoT (accedido mar. 17, 2019).
- [60] D. Guha Roy, B. Mahato, D. De, y R. Buyya, «Application-aware end-to-end delay and message loss estimation in Internet of Things (IoT) — MQTT-SN protocols», *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 89, pp. 300-316, dic. 2018, doi: 10.1016/j.future.2018.06.040.
- [61] H. Hwang, J. Park, y J. Shon, «Design and Implementation of a Reliable Message Transmission System Based on MQTT Protocol in IoT», *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 91, n.º 4, pp. 1765-1777, dic. 2016, doi: 10.1007/s11277-016-3398-2.
- [62] F. Terroso-Saenz, A. González-Vidal, A. P. Ramallo-González, y A. F. Skarmeta, «An open IoT platform for the management and analysis of energy data», *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 92, pp. 1066-1079, mar. 2019, doi: 10.1016/j.future.2017.08.046.
- [63] A. Schmitt, F. Carlier, y V. Renault, «Dynamic bridge generation for IoT data exchange via the MQTT protocol», *Procedia Comput. Sci.*, vol. 130, pp. 90-97, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.04.016.
- [64] K. N. Swaroop, K. Chandu, R. Gorreputu, y S. Deb, «A health monitoring system for vital signs using IoT», *Internet Things*, vol. 5, pp. 116-129, mar. 2019, doi: 10.1016/j.iot.2019.01.004.
- [65] M. Rouse, «What is MQTT (MQ Telemetry Transport)?», *IoT Agenda*.
<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/MQTT-MQ-Telemetry-Transport> (accedido mar. 17, 2019).
- [66] C. Bormann, A. P. Castellani, y Z. Shelby, «CoAP: An Application Protocol for Billions of Tiny Internet Nodes», *IEEE Internet Comput.*, vol. 16, n.º 2, pp. 62-67, mar. 2012, doi: 10.1109/MIC.2012.29.
- [67] A. Fernández, «Servicios web RESTful con HTTP. Parte I: Introducción y bases teóricas», *Asociación Desarrolladores Web de España*, nov. 12, 2013.
<https://adwe.es/codigo/servicios-web-restful-con-http-parte-i-introduccion-y-bases-teoricas/> (accedido nov. 17, 2020).

- [68] N. Fescioglu-Unver, S. H. Choi, D. Sheen, y S. Kumara, «RFID in production and service systems: Technology, applications and issues», *Inf. Syst. Front.*, vol. 17, n.º 6, pp. 1369-1380, dic. 2015, doi: 10.1007/s10796-014-9518-1.
- [69] S. Amendola, R. Lodato, S. Manzari, C. Occhiuzzi, y G. Marrocco, «RFID Technology for IoT-Based Personal Healthcare in Smart Spaces», *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, n.º 2, pp. 144-152, abr. 2014, doi: 10.1109/JIOT.2014.2313981.
- [70] «(PDF) RFID: La Identificación por Radiofrecuencia como futuro de la identificación de objetos», *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/275020704_RFID_La_Identificacion_por_Radiofrecuencia_como_futuro_de_la_identificacion_de_objetos (accedido mar. 17, 2019).
- [71] J. Landt, «The history of RFID», *IEEE Potentials*, vol. 24, n.º 4, pp. 8-11, oct. 2005, doi: 10.1109/MP.2005.1549751.
- [72] S. Iyer, «RFID: Technology and Applications», p. 108, 2005.
- [73] «Why LoRa? | Semtech LoRa Technology | Semtech».
<https://www.semtech.com/lora/why-lora> (accedido nov. 16, 2020).
- [74] C. Gu, R. Tan, y J. Huang, «Poster Abstract: SoftLora-A LoRa-Based Platform for Accurate and Secure Timing», en *2019 18th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN)*, abr. 2019, pp. 309-310.
- [75] «What is LoRaWAN and what are the main benefits of this technology?»
<https://enterpriseiotinsights.com/20170612/internet-of-things/what-lowrawan-main-benefits-technology-tag23> (accedido nov. 16, 2020).
- [76] X. Muñoz, «Tecnología LoraWAN – DSET ENERGY», jul. 12, 2019.
<http://www.dset-energy.com/2019/07/12/descripcion-lorawan/> (accedido nov. 16, 2020).
- [77] *An In-depth look at LoRaWAN® Class A Devices \textbar DEVELOPER PORTAL. .*
- [78] «An In-depth Look at LoRaWAN® Class B Devices | DEVELOPER PORTAL».
</library/tech-papers-and-guides/lorawan-class-b-devices/> (accedido ago. 17, 2020).
- [79] «An In-depth Look at LoRaWAN® Class C Devices | DEVELOPER PORTAL».
</library/tech-papers-and-guides/lorawan-class-c-devices/> (accedido ago. 17, 2020).
- [80] K. Spokas, «Plastics – still young, but having a mature impact», *Waste Manag.*, vol. 28, n.º 3, pp. 473-474, ene. 2008, doi: 10.1016/j.wasman.2007.11.003.
- [81] E. Ritch, C. Brennan, y C. MacLeod, «Plastic bag politics: modifying consumer behaviour for sustainable development», *Int. J. Consum. Stud.*, vol. 33, n.º 2, pp. 168-174, mar. 2009, doi: 10.1111/j.1470-6431.2009.00749.x.
- [82] «INC de bolsas plásticas fue reglamentado con el Decreto 2198 de 2017», *Actualidad - actualicese.com*, ene. 03, 2018.
<https://actualicese.com/actualidad/2018/01/03/inc-de-bolsas-plasticas-fue-reglamentado-con-el-decreto-2198-de-2017/> (accedido dic. 26, 2018).
- [83] Redacción El País, «Impuesto por uso de bolsas plásticas empezará a ser cobrado desde este sábado». <https://www.elpais.com.co/colombia/impuesto-por-uso-de-bolsas-plasticas-empezara-a-ser-cobrado-desde-este-sabado.html> (accedido dic. 31, 2018).
- [84] «Conozca el color de las bolsas plásticas para promover el reciclaje en Colombia». <https://www.elheraldo.co/colombia/conozca-el-color-de-las-bolsas-plasticas-para-promover-el-reciclaje-en-colombia-429406> (accedido ene. 31, 2019).

- [85] «A 2030, el 31% de las bolsas plásticas deberán ser de color gris, azul y verde | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible».
<http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4054-a-2030-el-31-de-las-bolsas-plasticas-deberan-ser-de-color-gris-azul-y-verde> (accedido mar. 18, 2019).
- [86] Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, *Resolución 2184 de 2019*. .
- [87] J. Lienig y J. Scheible, *Fundamentals of Layout Design for Electronic Circuits*. Switzerland: Springer Nature, 2020.
- [88] R. L. Norton, *Design of machinery: an introduction to the synthesis and analysis of mechanisms and machines*, Sixth edition. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2020.
- [89] I. Sommerville, *Software engineering*, Tenth edition, Global edition. Boston Columbus Indianapolis New York San Francisco Hoboken Amsterdam Cape Town Dubai London Madrid Milan Munich Paris Montreal Toronto Delhi Mexico City São Paulo Sydney Hong Kong Seoul Singapore Taipei Tokyo: Pearson, 2016.
- [90] I. Sommerville y M. I. Alfonso Galipienso, *Ingeniería del software*. Madrid: Pearson Education, 2011.
- [91] «IoT Methodology – The Internet of Things project lifecycle guide for creative, technical and business people». <http://www.iotmethodology.com/> (accedido feb. 25, 2019).
- [92] Q. F. Hassan, A. ur R. Khan, y S. A. Madani, Eds., *Internet of things: challenges, advances, and applications*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, CRC Press, 2018.
- [93] Jonathan Valvano y Ramesh Yerraballi, «Chapter 7: Design and Development». http://users.ece.utexas.edu/~valvano/Volume1/E-Book/C7_DesignDevelopment.htm (accedido mar. 18, 2019).
- [94] D. Chang, «Tuesday Keynote: UX Design in the IoT Era», en *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, Seoul, Republic of Korea, abr. 2015, pp. 807-808, doi: 10.1145/2702613.2725423.
- [95] «Web.dev, la nueva herramienta de Google», *Content Marketing | Coobis*, ene. 24, 2019. <https://coobis.com/es/cooblog/web-dev/> (accedido mar. 18, 2019).
- [96] PrimalCortex, «Using the BSFrance Lora32U4 board to connect to the Things Network Lorawan», *Primal Cortex's Weblog*, nov. 10, 2017. <https://primalcortex.wordpress.com/2017/11/10/using-the-bsfrance-lora32u4-board-to-connect-to-the-things-network-lorawan/> (accedido sep. 02, 2020).

12 ANEXOS

12.1 MANUAL TÉCNICO

Introducción

En el presente manual se describen las consideraciones técnicas del sistema de información, tales como dominio, VPS y servidor, instrucciones de configuración adecuadas de los componentes técnicos del sistema de información, los cuales permiten su correcto funcionamiento para el alojamiento de sitios web con la respectiva configuración del servidor apache.

Requisitos del sistema

En esta sección se detallan los requisitos mínimos de hardware y software para administrar adecuadamente el VPS para que este permite alojar diferentes sistemas de información compatible con apache.

Requerimientos de hardware

A continuación, se listan los requerimientos de hardware mínimos para la correcta administración del sistema de información, se presentan divididos en 3 categorías.

Procesador

1 vCPU

Memoria RAM

1 GB

Disco duro

SSD Disk de 25 GB

Requerimientos de software

A continuación, se presentan los requerimientos de software mínimos para la administración del sistema de información por parte de quien cumple esta función (administrador del sistema).

Sistema operativo

El sistema operativo utilizado para la administración del servidor es Linux en su distribución Ubuntu Server versión 18.04.

Privilegios

Con el fin de administrar adecuadamente el servidor del sistema de información es necesario contar con un usuario que tenga permisos de root, es importante aclarar que no debe usarse el usuario root.

Instalación

En el siguiente apartado se detallan las características de instalación de dominio, VPS y servidor (Apache).

Dominio

En el servicio de dominio del proveedor Hostgator se deben configurar los DNS para alojarlos en el VPS de DigitalOcean con el fin de tener un control total de la administración del dominio en un solo proveedor.

VPS (Virtual Private Server)

El principal proveedor de administración del servidor es DigitalOcean en el cual se crea un droplet o instancia para el uso de un administrador con el sistema operativo Ubuntu Server, adicional a ello se actualizaron las credenciales del usuario root y se le dieron permisos sudo a un usuario de desarrollo y administración.

Instalación de Apache

En la siguiente tabla se presentan los comandos necesarios para la instalación correcta de Apache en Ubuntu Server, caracterizados por las columnas: Nro (indica la prioridad con la que debe ser ejecutado el comando), Comando (indica el comando que debe ser ejecutado en el bash o consola), Uso (descripción del para qué sirve el comando). Se recomienda seguir el orden de prioridad de cada comando.

Nro	Comando	Uso
1	<code>sudo apt install apache2</code>	Instalar Apache.
2	<code>systemctl status apache2</code>	Verificar el estado del servidor Apache.
3	<code>sudo netstat -tulpn</code>	Verifica el puerto por el que corre Apache (80).

Dificultades de instalación generales

Seguridad y acceso con respecto a la ip principal del servidor, la cual revelaba información relevante como versión del apache y el sistema operativo. Para solucionarlo es necesario dirigirse al archivo ubicado en la siguiente dirección `sites-enabled` en la carpeta `apache2` y agregar las siguientes líneas:

```
Options Indexes FollowSymLinks
AllowOverride All
Require all granted
```

Configuraciones adicionales

Se presentan consideraciones importantes para completar la configuración de los diferentes componentes del sistema de información.

Servidor Apache

Añadir un usuario

Para añadir un nuevo usuario al servidor utilice el siguiente comando, tenga en cuenta: se le solicitará asignar una contraseña para el usuario que está agregando, además se pedirán datos adicionales* tales como: nombre completo, número telefónico de habitación, número telefónico de trabajo, número telefónico de casa y otro.

* Es posible omitir estos campos y dejarlos en blanco, para ello presione la tecla Enter.
adduser NOMBRE - (devs)

Después de agregar el nuevo usuario al grupo sudo* con el siguiente comando.
usermod -aG NOMBRE DEL GRUPO - (sudo) NOMBRE USUARIO - (devs)

* Los usuarios agregados a este grupo obtienen todos los permisos de administrador.

Desactivar acceso root

Para desactivar el acceso al servidor como usuario root siga los siguientes pasos.

Diríjase al archivo ubicado en la siguiente ruta - vi /etc/ssh/sshd_config.

Ubique el campo llamado - permit root login y escriba - no.

Presione la tecla esc y luego escriba :wq, seguido de esto presione Enter.

Al salir ejecute el siguiente comando - sudo systemctl restart ssh.

Restringir accesos

Con el fin de permitir el acceso a usuarios específicos realice la siguiente configuración.

Diríjase a la ubicación - vi /etc/ssh/sshd_config.

Busque la opción - PermitRootLogin y escriba - no.

Debajo del puerto, agregue la línea - AllowUsers NOMBRE USUARIO - (devs).

Presione la tecla esc y luego escriba :wq, seguido de esto presione Enter.

Al salir ejecute el siguiente comando - sudo systemctl restart ssh.

Fail2ban

Para restringir el acceso de un usuario por el número de intentos de ingreso es necesario realizar las siguientes modificaciones, mediante estas se restringe el acceso manejando una tabla de direcciones IP's en donde se alojan las bloqueadas y así evitar ataques.

1. Ejecute el comando, para actualizar las librerías del sistema operativo - `sudo apt-get update`.
2. Ejecute el siguiente comando, para instalar el software Fail2ban - `sudo apt-get install fail2ban`.
3. Diríjase al archivo ubicado en la siguiente ruta - `vi /etc/fail2ban/jail.conf`.
4. Realice las siguientes modificaciones. Si considera preciso utilice el siguiente tutorial.

```
[sshd]
```

```
enabled = true
```

```
# the length of time between login attempts for maxretry.
```

```
findtime = 600
```

```
# attempts from a single ip before a ban is imposed.
```

```
maxretry = 5
```

```
# the number of seconds
```

```
bantime = 3600
```

5. Ejecute el siguiente comando - `sudo systemctl enable fail2ban`.
6. Ejecute el siguiente comando - `sudo service fail2ban start`.
7. Ejecute el siguiente comando - `sudo service fail2ban status`.

Php

Se hace uso de PHP como lenguaje de programación, para realizar la instalación ejecute el siguiente comando (este comando incluye diferentes librerías que serán útiles).

```
sudo apt install php7.2 libapache2-mod-php7.2 php7.2-common php7.2-mbstring php7.2-xmlrpc php7.2-soap php-apcu php-smbclient php7.2-ldap php-redis php7.2-gd php7.2-xml php7.2-intl php7.2-json php-imagick php7.2-mysql php7.2-cli php7.2-ldap php7.2-zip php7.2-curl
```

MariaDB

La base de datos utilizada corre bajo el sistema de gestión MariaDB, para su instalación y configuración siga los siguientes pasos.

1. Ejecute el siguiente comando - `sudo apt-get install software-properties-common`.
2. Ejecute el siguiente comando - `sudo apt-key adv --recv-keys --keyserver hkp://keyserver.ubuntu.com:80 0xF1656F24C74CD1D8`.
3. Ejecute el siguiente comando - `sudo add-apt-repository "deb [arch=amd64,arm64,ppc64el] http://mariadb.mirror.liquidtelecom.com/repo/10.4/ubuntu $(lsb_release -cs) main"`.
5. Ejecute el siguiente comando - `sudo apt update`.
6. Ejecute el siguiente comando - `sudo apt -y install mariadb-server mariadb-client`.
7. Ejecute el siguiente comando - `sudo mysql_secure_installation`.
8. Ejecute el siguiente comando - `mysql -u root -p`.

Php My Admin

El gestor de la base de datos es Php My Admin, para su instalación y configuración siga los siguientes pasos.

1. Ejecute el comando, para actualizar las librerías del sistema operativo - `sudo apt-get update`.
2. Ejecute el siguiente comando - `sudo apt install phpmyadmin php-mbstring php-gettext`.
3. Ejecute el siguiente comando - `sudo phpenmod mbstring`.
4. Ejecute el siguiente comando - `sudo systemctl restart apache2`.

Git

Se cuenta con un sistema de versionamiento, Git, para su instalación y configuración siga los siguientes pasos.

1. Ejecute el comando, para actualizar las librerías del sistema operativo - `sudo apt-get update`.
2. Ejecute el siguiente comando, para instalar Git - `sudo apt install git`.
3. Ejecute el siguiente comando, para verificar la versión de Git - `git --version`.

Composer

Siga los siguientes pasos para la instalación y configuración de Composer.

1. Ejecute el comando, para actualizar las librerías del sistema operativo - `sudo apt-get update`.
2. Ejecute el comando - `sudo apt install wget php-cli php-zip unzip`.
3. Ejecute el comando - `php -r "copy('https://getcomposer.org/installer', 'composer-setup.php');"`.
4. Ejecute el comando - `HASH="$(wget -q -O - https://composer.github.io/installer.sig)"`.
5. Ejecute el comando - `php -r "if (hash_file('SHA384', 'composer-setup.php') === '$HASH') { echo 'Installer verified'; } else { echo 'Installer corrupt'; unlink('composer-setup.php'); } echo PHP_EOL;"`.
6. Ejecute el comando - `sudo php composer-setup.php --install-dir=/usr/local/bin --filename=composer`.
7. Ejecute el comando - `composer`.

En los siguientes links es posible encontrar mayor información sobre las diferentes consideraciones.

Mosquitto MQTT instalación - (instalación, configuración de password, crear subdominio, SSL,) <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-install-and-secure-the-mosquitto-mqtt-messaging-broker-on-ubuntu-18-04>
solucion error certificado - <https://www.linode.com/community/questions/18963/certbot-error-problem-binding-to-port-80>

Git - <https://linuxize.com/post/how-to-install-git-on-ubuntu-18-04/>

Composer - <https://linuxize.com/post/how-to-install-and-use-composer-on-ubuntu-18-04/>

MariaDB - <https://computingforgeeks.com/install-mariadb-10-on-ubuntu-18-04-and-centos-7/>

Proteger Php My Admin

<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/como-instalar-y-proteger-phpmyadmin-en-ubuntu-18-04-es>

Instalar Apache en Ubuntu

<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-install-the-apache-web-server-on-ubuntu-18-04>

Not found page with Laravel

<https://stackoverflow.com/questions/28242495/laravel-the-requested-url-was-not-found-on-this-server>