

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

TEMA:

**Aplicación de IOT en la implementación de PAC para
importadora de medicina y asociados S.A. Tulsi products.**

AUTOR:

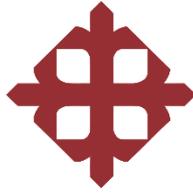
Campos Rivera, Carlos Joshua

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

TUTOR:

Ing. Miranda Rodríguez, Marcos Xavier

**Guayaquil, Ecuador
24 de febrero del 2025**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

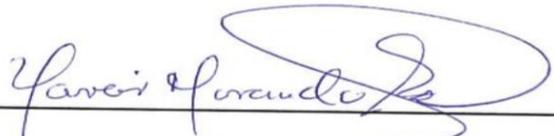
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por el Sr. **Campos Rivera, Carlos Joshua**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**.

TUTOR (A)

f. 
Miranda Rodríguez, Marcos Xavier

Guayaquil, a los 24 días del mes de febrero del año 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Campos Rivera, Carlos Joshua

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **Aplicación de IOT en la implementación de PAC para importadora de medicina y asociados S.A. Tulsi products**, previo a la obtención del título de INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES, ha sido desarrollado respetando los derechos intelectuales de terceros conforme a las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

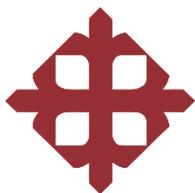
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 24 de febrero del año 2025

EL AUTOR:

f. _____

Campos Rivera, Carlos Joshua



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

AUTORIZACIÓN

Yo, Campos Rivera, Carlos Joshua

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Aplicación de IOT en la implementación de PAC para importadora de medicina y asociados S.A. Tulse products**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 24 del mes de febrero del año 2025

EL AUTOR:

f. _____

Campos Rivera, Carlos Joshua

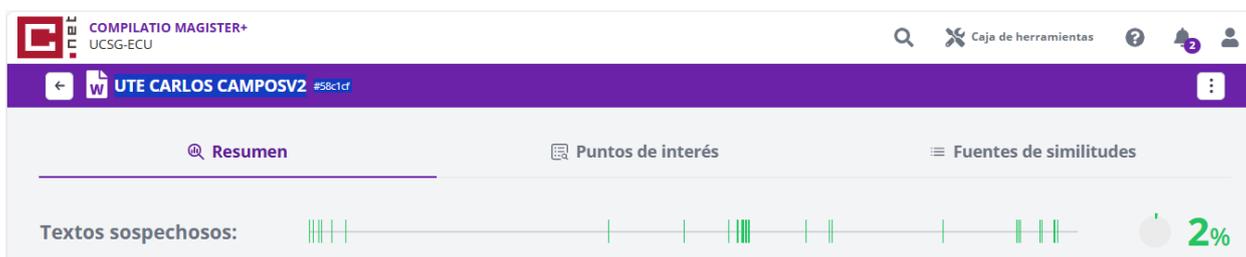


UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

REPORTE ANTIPLAGIO



Firma:

TUTOR (A)

f.

Miranda Rodríguez, Marcos Xavier

Tutor de Trabajo de Titulación

Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecerle a mis padres, Zulema Rivera y Carlos Campos. Los valores inculcados en casa fueron pilares para mí, inculcando la honestidad, responsabilidad y el respeto hacia los otros. Gracias por crear un hogar con amor y tolerancia. Mi hermana, Paola Montoya, muchas por ser ejemplo a seguir en mi vida. Tu capacidad para enfrentar retos sin darte por vencida me inspira para lograr mis metas. Brigitte Vargas, mi mejor amiga y compañera de vida te agradezco profundamente por el apoyo incondicional a lo largo del proceso. Tus palabras de aliento y tu confianza en mí me brindaron la fortaleza necesaria para no rendirme.

Es indispensable agradecerles a mis profesores de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, especialmente a la Facultad de Ingeniería, carrera de Sistemas Computacionales. Sus enseñanzas y orientación me guiaron para profundizar en esta área del conocimiento. Gracias a mis compañeros que al pronto tiempo se volvieron amigos, sin las incontables horas de estudio y desarrollo en trabajos académicos que pasamos juntos no hubiese podido llegar hoy a este momento. Finalmente, agradezco a Importadora de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products, su confianza en mí me permitió afrontar desafíos que enriquecieron mis conocimientos.

A todos ustedes y quienes no nombré, pero tomaron acción en formar quien soy, gracias.

DEDICATORIA

Le dedico este logro a mis padres, Zulema y Carlos, mi hermana Paola y mi pareja Brigitte. Este logro es de nosotros.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Camacho Coronel, Ana, Mgs

DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

Ing. Salazar Tovar, César Adriano, Mgs

DOCENTE DE CARRERA

f. _____

Ing. Toala Quimí, Edison José, Mgs

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I.....	3
1. EL PROBLEMA.....	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Delimitación del Problema	3
1.3. Formulación del problema.	4
1.4. Preguntas de Investigación.	4
1.5. Objetivos de la Investigación	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivo Específicos.....	5
1.6. Alcance.....	6
1.7. Justificación	8
CAPÍTULO II	10
2.1. Marco Teórico.....	10
2.1.1. Distribuidoras Farmacéuticas.....	10
2.1.2. Internet de las Cosas	11
2.1.3. Condiciones que facilitan a las IoT.....	12
2.2. Formas de Clasificación de las IoT.....	14
2.3. Implicaciones de las IoT.	17
2.3.1. Tecnologías RFID	23

2.3.2. Modelo de Comunicación D2D en Tarjetas RFID	25
2.3.3. Interacción tarjetas RFID y Raspberry Pi.....	26
2.3.4. Raspberry Pi y Cámaras Digital Compacta.....	27
2.3.5. Monitoreo Ambiental.....	28
2.3.6. Softwares de Código Abierto	30
2.3.7. Herramientas de Apoyo	36
2.3.8. Ejemplos de IoT en vida real.....	37
2.4. Marco Conceptual	43
2.5. Marco Legal.....	46
2.5.1. Ley Orgánica de Salud Publica.....	46
2.6. Marco Contextual	49
2.6.1. Índices de inseguridad en el Ecuador	49
2.6.2. Distribuidora Farmacéutica Tulsi Products.....	50
CAPITULO III	53
3. METODOLOGÍA	53
3.1. Tipo de estudio	53
3.1.1. Estudio descriptivo.....	53
3.1.2. Estudio Aplicativo.....	53
3.1.3. Estudio Exploratorio.....	53
3.2. Principales instrumentos y herramientas usadas en el estudio	54
3.2.1. Recolección de datos.....	54
3.2.2. Observación directa	56
3.2.3. Revisión documental.....	59
3.3. Análisis comparativo.....	59
3.3.1. Definición de análisis comparativo	60
3.3.2. Descripción del proceso del análisis comparativo en el estudio .	60
3.3.3. Desarrollo del análisis comparativo.....	62

3.4. Metodología de la implementación	63
3.4.1. Fase de Análisis.....	63
3.4.2. Fase de Diseño	64
3.4.3. Fase de Desarrollo.....	67
3.4.4. Fase de Implementación Final y Resultados	71
CAPITULO IV.....	72
4. LA PROPUESTA.....	72
4.1. Título de la Propuesta.....	72
4.2. Justificación de la Propuesta	72
4.3. Objetivos de la Propuesta.....	73
4.4. Desarrollo de la Propuesta	73
4.4.1. Diseño de la arquitectura física y digital.....	73
4.4.2. Desarrollo de interfaces web para la visualización de datos:	82
4.4.3. Implementación de un sistema de registro automático:	84
5. CONCLUSIONES	85
6. RECOMENDACIONES	86
7. BIBLIOGRAFÍA	87
8. ANEXO I. Entrevista.....	94
9. ANEXO II. FORMULARIO DE OBSERVACIÓN.....	96
10. ANEXO III. ARQUITECTURA GENERAL DE LA SOLUCIÓN	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos y aspectos principales de las IoT	19
Tabla 2. Interacción tarjetas RFID en conjunto con Raspberry Pi	27
Tabla 3. Principales características de Apache	31
Tabla 4. Principales aplicaciones para MySQL	32
Tabla 5. Tipo de Linux y sus distribuciones	34
Tabla 6. Comparativa de Sensores	62
Tabla 7. Requisitos funcionales y no funcionales del sistema	64
Tabla 8. Interacción de esquemas por capa	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tendencias Tecnológicas y de Mercado que facilitan a las IoT	14
Figura 2. Transferencia de datos mediante módulos	23
Figura 3. Número de homicidios por cada 100k habitantes	50
Figura 4. Distribución de personal administrativo de Tulsi Products	51
Figura 5. Interacción entre módulos de Front-End y Back-End	68
Figura 6. Estructura Modelo OSI	69
Figura 7. Detalle de estructura y procesos anteriores	71
Figura 8. Modelado 3D de Raspberry Pi	74
Figura 9. Estructura y relación de la base de datos	77
Figura 10. Creación y gestión de perfiles de usuario	78
Figura 11. Vista lista de usuarios	79
Figura 12. Creación de rol	79
Figura 13. Vista lista de roles	79
Figura 14. Creación de permisos	80
Figura 15. Vista lista de permisos	81
Figura 16. Creación de tarjeta	81
Figura 17. Vista lista de tarjetas	82
Figura 18. Registro de entrada y salida	83
Figura 19. Vista registros de temperatura y humedad	83

RESUMEN

En la actualidad con la revolución de las tecnologías y el mundo de la automatización, las empresas se han vuelto más competitivas en contar con la última tendencia de automatización, aun estas siendo de giros de negocios distantes a las TICs. Como es bien conocido las empresas dedicadas al sector de la salud necesitan y requieren mayores cuidados al ser estas involucradas de manera más próxima a la vida y calidad sanitaria de las personas. El objetivo de este trabajo fue implementar un sistema de gestión y control de acceso físico por medio de tarjetas RFID pasivo y control de humedad a través de la aplicación de sensores IOT para la empresa Importadora de Medicina Tulsi Products. Para esto se realizó este trabajo donde en una fase descriptiva y exploratoria inicial se determinaron las necesidades, posteriormente se realizó un análisis comparativo de los sensores según prueba en bodega y análisis de costo beneficio y consecutivamente se diseñó, implementó y realizo una propuesta del sistema integrado de control de accesos y monitoreo ambiental basado en IoT y RFID para la mejora de la seguridad, gestión ambiental, automatización y mejora de la eficiencia. Se realizó la instalación y configuración de un sistema de control de acceso, registro de temperatura y humedad por medio del sensor AHT10 para Tulsi Products, incluyendo tanto componentes hardware como de software. Se instaló una RaspiCam en la puerta principal de la oficina y lectores de tarjetas de RFID en las puertas de las bodegas, conectados a microprocesadores Raspberry Pi que encargados de procesar y enviar la información a una base de datos a través de Ethernet. Se diseñó una página web en HTML y PHP que sirve de portal administrativo para el monitoreo de los registros de apertura de las puertas en bodegas, así como los niveles de temperatura y humedad. El motor de base de datos usado es MySQL y se configuró un servidor web Apache para permitir el acceso a la página web. Para evitar manipulación de los equipos malintencionados, el nodo de IoT se instaló en un housing elevado.

ABSTRACT

Nowadays, with the revolution of technologies and the world of automation, companies have become more competitive in having the latest automation trend, even though these are business lines far from ICTs. As is well known, companies dedicated to the health sector need and require greater care as they are more closely involved in the life and health quality of people. The objective of this work was to implement a physical access management and control system through passive RFID cards and humidity control through the application of IOT sensors for the Tulsi Products Medicine Importer Company. For this purpose, this work was carried out where in an initial descriptive and exploratory phase the needs were determined, subsequently a comparative analysis of the sensors was carried out according to warehouse testing and cost-benefit analysis and consecutively a proposal was designed, implemented and made for the integrated access control and environmental monitoring system based on IoT and RFID to improve security, environmental management, automation and efficiency improvement. An access control system was installed and configured for Tulsi Products, as well as a temperature and humidity monitoring system based on AHT10 sensors, which included several hardware and software components. A RaspiCam was used at the main door and RFID card readers were installed at the storerooms doors, connected to a Raspberry Pi microprocessor that processes and sends the information to a database via Ethernet. A website was designed in HTML and PHP that serves as an administrative portal to view storeroom door's aperture records, as well as temperature and humidity levels. The database motor was MySQL and an Apache web server was configured to allow access to the website. The IoT nodes were installed in an elevated housing to protect the electrical components from malicious manipulation.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de Internet de las Cosas (IoT) en la implementación de Planificación y Control de Activos (PAC) en los distribuidores farmacéuticos se convierte en una necesidad que puede transformar la industria farmacéutica.

Existen compañías que se dedican a realizar esta implementación de IoT y PAC en las diferentes entidades en salud como los distribuidores de medicamentos, sin embargo, en Ecuador tienen un alto costo que no es posible asumirlo por parte de compañías pequeñas como es el caso de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products.

Este estudio tuvo como objetivo implementar un sistema de gestión y control de acceso físico por medio de tarjetas RFID pasivo y control de humedad a través de la aplicación de sensores IOT para la empresa Importadora de Medicina Tulsi Products.

Para esto se realizó este trabajo donde en una fase descriptiva y exploratoria inicial se determinaron las necesidades, posteriormente se realizó un análisis comparativo de los sensores según prueba en bodega y análisis de costo beneficio y consecutivamente se diseñó, implementó y realizó una propuesta del sistema integrado de control de accesos y monitoreo ambiental basado en IoT y RFID para la mejora de la seguridad, gestión ambiental, automatización y mejora de la eficiencia acorde con las necesidades de la compañía, que se revisara a profundidad en este documento.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

La empresa Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products fue fundada en Guayaquil en el 2007 y es un distribuidor mayorista de productos farmacéuticos donde realizan adquisición, almacenaje, mantenimiento y expendio de los medicamentos a terceros desde su bodega ubicada en Guayaquil.

Por el momento Tulsi Products no cuenta con un claro proceso de control del ingreso y salida del personal en las bodegas de almacenamiento de fármacos, así como un proceso manual sobre la adquisición, almacenaje, mantenimiento y expendio de los medicamentos y el control ambiental de la bodega para las condiciones adecuadas de almacenamiento de los productos.

El desafío actual para la compañía sobre la gestión de accesos y control ambiental del inventariado han generado sobrecarga laboral, reprocesos, errores en la documentación, alta rotación del personal, posibles ingresos a personal no autorizado y faltas en el inventario que generan pérdidas monetarias y podrían poner en riesgo su funcionamiento.

Por lo que este proyecto se centró en la implementación de tecnología RFID y sensores AHT10 en las bodegas de la Importadora de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products para mitigar esta situación.

1.2. Delimitación del Problema

El problema abarca los siguientes aspectos tales como; seguridad y control a nivel de operarios de la empresa, medicamentos y su almacenamiento

correcto, regulación y control de la temperatura y humedad de las bodegas, óptimas condiciones del ambiente para la conservación de los medicamentos y la fecha de su realización será desde 01 octubre del 2023 al 27 de enero 2024, en la Importadora de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products.

- **Límite de contenido campo.** Sistema de Seguridad y Control.
- **Área.** Gestión de Almacenamiento, Administración y Control.
- **Aspecto.** Registro y Permisos - Entrada y Salida, Conservación medioambiental del inventario.
- **Límite espacial.** Importadora de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products
- **Límite temporal.** 01 octubre del 2024 al 27 de enero 2025

1.3. Formulación del problema.

¿Cómo se puede mejorar los procesos de control y seguridad y accesos en la empresa Importadora de Medicina Tulsi Products?

1.4. Preguntas de Investigación.

- ¿Cuáles son las ventajas de la implementación de IoT en empresas importadoras y distribuidoras de fármacos?
- ¿De qué forma afectan la falta de control y seguridad de ingresos y salidas de instalaciones de farmacia y su respectivo sistema de almacenamiento?
- ¿De qué manera se puede beneficiar la distribuidora de medicamentos al aplicar un sistema PAC?

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1. Objetivo General

Implementar un sistema de gestión y control de acceso físico por medio de tarjetas RFID y control de humedad a través de la aplicación de sensores IOT para la empresa Importadora de Medicina Tulsi Products

1.5.2. Objetivo Específicos

- Identificar y seleccionar los dispositivos IOT para gestión de seguridad y medición de humedad para el dimensionamiento de la solución propuesta.
- Diseñar la arquitectura física y digital del sistema para el control de accesos y registro de niveles de temperatura y humedad.
- Implementar módulo de gestión para la asignación, actualización y eliminación de identidades de accesos.

1.6. Alcance

La empresa Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products tiene dos desafíos importantes 1. El monitoreo de la temperatura y humedad en las bodegas de los medicamentos y 2. El control de acceso a sectores restringidos, por lo que este proyecto comprendió el diseño e implementación de dos sistemas IoT interconectados:

1. Monitoreo de temperatura y humedad en bodegas de medicamentos: Este sistema medirá y tabulará los niveles de temperatura y humedad en las bodegas. Además, generará alertas en los registros cuando dichos parámetros excedan los rangos permitidos, con el fin de cumplir con las normas requeridas de forma más confiable y automáticamente.

2. Control de acceso en sectores restringidos: Este sistema gestionará el ingreso y egreso del personal autorizado en áreas clave como son bodegas y la oficina de Tulsi Products. Permitirá registrar y tabular los datos de acceso, garantizando un control en el flujo de personas para minimizar inconvenientes administrativos al dejar una traza en las acciones del personal en espacios reservados.

Para esto se realizaron las siguientes actividades:

- Diseño Físico y Digital de la solución: Elaboración de esquemáticos de la circuitería para el correcto uso y aprovechamiento de sensores, microprocesadores y demás equipos que se requieran en la solución. Diseño del modelo de base de datos e interfaces web según convenga en los casos de uso y para alguna eventual actualización que la empresa decida realizar a futuro.

- Implementación del Prototipo: por medio de la instalación del medio de comunicación ethernet para la conexión de los equipos en la intranet de la empresa, instalación de seguros, sensores, equipos de red y procesamiento necesarios para el cumplimiento de los objetivos establecidos y la instalación del dashboard para el seguimiento de los eventos de seguridad y de ambiente.
- Optimización de procesos de seguridad y registro de ambiente: Modificar el modo de registro y almacenamiento de la temperatura y humedad de las bodegas para que sea automatizado y se presenten de manera práctica para los usuarios finales como agentes de control. Monitoreo y análisis de rendimiento hasta una semana desde la instalación para reajustar en caso de alguna falla considerada dentro del alcance.
- Capacitación y Documentación: Capacitación del personal de logística y seguridad que estén considerados en los casos de uso como usuarios finales.

Por lo que el alcance total de este proyecto fue desde una descripción y exploración inicial de las condiciones físicas y tecnologías de la compañía hasta la generación de una propuesta secundaria a un proceso de diseño y prototipo de hardware y software que solucione las necesidades de la empresa.

Las limitaciones que tuvo este proyecto son varias, una de estas es el stack tecnológico de la empresa, por ejemplo: preferencias de lenguajes de programación, sistemas operativos, motor de base de datos e infraestructura tecnológica.

Asimismo, los recursos dispuestos por la empresa Tulsí Products para la adquisición de equipos de cómputo será una consideración paralela a los principios técnicos sugeridos para garantizar el mejor rendimiento y la mayor fiabilidad de resultados.

1.7. Justificación

Según datos expresados en el boletín semestral del OECO (Observatorio Ecuatoriano de Crimen Organizado); Ecuador se constituye como uno de los países más violentos de Latinoamérica y el mundo, donde los robos, secuestros y homicidios aumentan con el avance del narcotráfico y el contrabando (Fundación Panamericana para el Desarrollo, 2023).

La sustracción de productos y el no control sobre este son un problema común en empresas con inventario físico, que genera pérdidas financieras, competitividad e interrupciones operativas que, en una empresa del sector farmacéutico, genera adicionalmente incumplimientos de las regulaciones, pérdida de la confianza con los proveedores, desconfianza al personal, alta rotación de personal y riesgos para la sociedad.

En la actualidad con la revolución de las tecnologías y el mundo de la automatización, las empresas se han vuelto más competitivas en contar con la última tendencia de automatización, aun estas siendo de giros de negocios distantes a las TICs. Como es bien conocido las empresas dedicadas al sector de la salud necesitan y requieren mayores cuidados al ser estas involucradas de manera más próxima a la vida y calidad sanitaria de las personas.

Los sistemas PAC (Physical Access Control) y la IoT (Internet of Things) son dos tecnologías que revolucionaron el mundo de la automatización y control. En el ámbito farmacéutico se debe tener especial cuidado en el almacenamiento de los productos, ya que estos tendrán por finalidad curar, mejorar o prevenir condiciones médicas de las personas, por ello es imprescindible el correcto cuidado a todo lo referente a su conservación y manejo.

Es por esto que con la implementación del sistema de control, regulación y seguridad por medio de las tecnologías RFID e IoT se busca también plasmar toda información referente a ello, por lo cual se espera que el presente documento sea un referente para futuros proyectos de seguridad y control, el registro de la información presentada en los siguientes capítulos de este escrito será un bibliotecario de conocimientos actuales recopilados para la realización de este trabajo.

CAPÍTULO II

2.1. Marco Teórico

En este apartado del documento se tomará en consideración la base sustento de la investigación, con la finalidad de brindar los conocimientos necesarios sobre la relación de las siguientes variables; Distribuidora Farmacéutica, Internet de las cosas, Equipos de Tecnología RFID juntamente con demás dispositivos propios y sistemas para el avance del proyecto de implementación presente.

2.1.1. Distribuidoras Farmacéuticas

Las distribuidoras farmacéuticas son empresas que se dedican a la distribución de medicamentos, productos sanitarios y otros productos relacionados; su principal función es abastecer a diferentes puntos de venta, farmacias, hospitales, clínicas y demás, con los productos necesarios para atención de la salud de las personas. Se entiende a estos entes como empresas las cuales deben seguir normativas, reglamentos y objetivos. Las empresas tienen la responsabilidad social de brindar un bien o servicio de acuerdo con el marco de la ley, como también en brindar condiciones favorables para los colaboradores de la misma. Si hablamos del papel fundamental que tienen las distribuidoras farmacéuticas en el sistema de salud, cabe destacar que su labor permite que los medicamentos y productos sanitarios lleguen a los pacientes (Gómez R. A. & Martínez L., 2019).

Las distribuidoras farmacéuticas realizan una serie de funciones clave, que incluyen desde la adquisición de medicamentos y productos sanitarios de los fabricantes, hasta el almacenamiento y distribución. Según el ministerio de salud; las distribuidoras farmacéuticas almacenan los medicamentos y productos

sanitarios en condiciones adecuadas para su posterior distribución. En cuanto a logística, deben gestionar el transporte y la entrega de los medicamentos y demás productos que comercialice, la atención al cliente también incluye posibles asesoramientos sobre productos y gestión de pedidos (Pérez A. L. & Sánchez D., 2021).

2.1.2. Internet de las Cosas

El Internet de las Cosas es un planteamiento de los últimos 20 años donde la capacidad de un objeto y sus funciones estén conectada a la red, permitiendo que los dispositivos extiendan su utilización e intercambien información con la mínima intervención humana. La interconexión con estos objetos cotidianos a menudo equipados con alguna clase de inteligencia utiliza el internet como una plataforma en la cual se comunican electrónicamente, lo cual lo hace como una evolución del mismo internet en donde se añade una nueva parte extensa de aplicaciones que conforman la nueva arquitectura emergente global. Esta tendencia apunta hacia la constante conectividad omnipresente, la generalización de las redes que se basan en los protocolos IP, la accesibilidad/asequibilidad de la capacidad de cómputo como base del funcionamiento de la economía, la miniaturización de los componentes electrónicos, la recopilación y almacenamiento de los datos posteriormente analizados, y finalmente la tendencia exponencial de la computación en la nube (García L. A. & Domínguez M., 2019).

El Internet of Things (IoT) es un sistema de comunicación donde una variedad de objetos se conecta entre sí y con el internet, IoT significa una “red mundial de objetos interconectados con dirección única, basada en protocolos de comunicación estándar” (Hernández J. P. & Torres A., 2020).

Esta conexión de dispositivos tiene como objetivo obtener datos generados por dispositivos, máquinas controladas a distancia y sensores en entornos monitorizados, coches o edificios; el inicio del concepto de IoT se remonta en 1970 cuando en el mercado de sistemas ya existía una disposición de medidores que se encontraban conectados a una red eléctrica de manera remota por medio de líneas telefónicas (Hernández J. P. & Torres A., 2020).

En los años 90's diversos investigadores exploraron el conectar dispositivos físicos a la internet, pero la época se terminó caracterizando más por la difusión de soluciones corporativas e industriales "máquina a máquina" (M2M), las cuales estaban basadas en redes construidas en estándares específicos de la industria y no basadas en el Protocolo de Internet (IP) y sus correspondientes estándares. El término internet de las cosas en 1999 fue promulgado por el tecnólogo Kevin Ashton en un discurso que considero como eje central de esta tecnología; el poder recoger información por medio de los objetos y que a su vez que sean capaces de actuar en consecuencia por sí mismos; en procesos que podían prescindirse de realizarse por medio de los seres humanos. Si bien el término Internet de las cosas no es un concepto nuevo, si se ha visto una amplia popularidad hoy en día por la confluencia de las diversas tendencias del mercado tecnológico que permite la capacidad de interconectividad de los dispositivos de manera sencilla al ser cada vez más compactos, pequeños y de mejores funcionalidades (Silva R. J. & López F., 2021).

2.1.3. Condiciones que facilitan a las IoT.

Existen una serie de condiciones que facilitan el desarrollo y la adopción de la IoT. Estas condiciones incluyen:

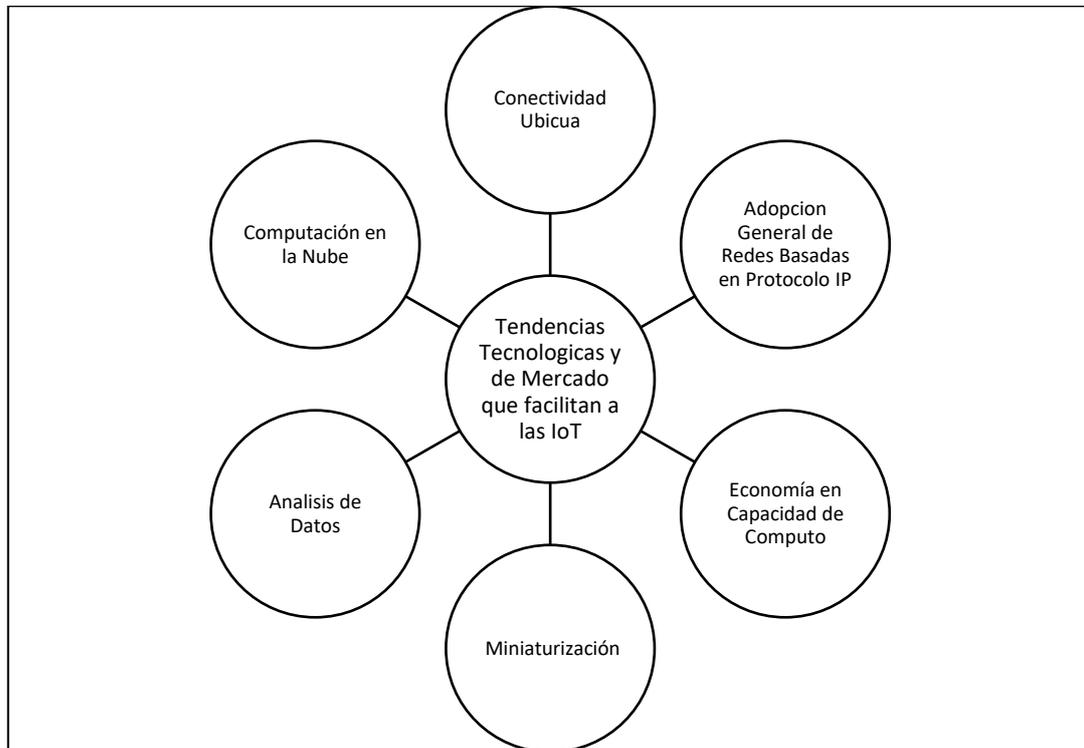
a) La conectividad Ubica:

es la disponibilidad de la conexión de manera general y amplia en el entorno de la internet de alta velocidad, es decir es la capacidad de las personas de poder acceder a internet desde cualquier ubicación sin importar el condicionamiento socioeconómico de las personas, de esta manera se les permite el aprovechamiento de sus beneficios sin restricción, haciendo que casi todo pueda ser “conectable”. En esta conectividad ubica se le puede relacionar La Adopción Generalizada de Redes Basadas en el Protocolo IP (Internet Protocol), que es una de las tendencias claves para el desarrollo de las IoT, ya que al volverse un común su utilización; se permite el proporcionar una comunicación estándar entre los dispositivos por medio de estas mismas redes basadas en IP. La adopción generalizada de las redes en IP se sostiene en otro de los factores que sostienen la implementación de las IoT tal como lo es; el avance de la Computación en la Nube, este uso de redes de servidores remotos conectados a internet permite una escalabilidad en el requerimiento de los recursos informáticos, es decir aumentar o disminuir el uso de softwares o hardware según la necesidad; cambiando la forma en que trabajamos y el cómo almacenamos, administramos y realizamos el análisis de la información (Ramírez D. A. & Fernández P., 2019).

Con el resultado de todas estas tendencias tecnológicas que dan a una mayor capacidad de recolección de información, se debe tener también una corresponsal eficacia y eficiencia en el avance de *Análisis de Datos*. Para poder extraer el conocimiento apropiado para un fin específico; se necesita de la existencia de nuevos algoritmos que aumenten la potencia para cálculos de la basta información recopilada por medio de los servicios en nube. *La*

Miniaturización de los componentes electrónicos ha permitido el aumento de la información recopilada ya que al ser más pequeños sin perder su eficiencia por el contrario esta es aumentada; se vuelven asequibles para todo tipo de personas sin importar el nivel socio-económico, lo cual nos lleva a la *Economía en la Capacidad de Computo*, la accesibilidad y la capacidad de procesamiento y cálculo cada vez en aumento dando oportunidad al crecimiento económico de los sectores, empresas y economías globales; por medio de menores precios y un menor consumo de energía (Hernández J. C. & Silva M., 2021).

Figura 1. Tendencias Tecnológicas y de Mercado que facilitan a las IoT



Fuente. (elaboración propia)

2.2. Formas de Clasificación de las IoT.

La IoT es el resultado convergente de la variedad de tendencias computacionales con la creciente conectividad por medio de los avances tecnológicos que se han estado fraguando en los últimos 20 años por medio del

desarrollo de sus conceptos. Diversas economías y organizaciones con el uso les han ido designado una clasificación según su aplicación, dispositivo y alcance (García F. E. & López P., 2020).

Según su alcance:

- **IoT de consumo:** Esta definición se considera a los dispositivos cuya implementación es el hogar o que pueden ser destinados para ocio (asistentes virtuales o electrodomésticos inteligentes)
- **IoT empresarial:** Son los dispositivos que se utilizan en el área de negocios o entidades que necesiten de sensores de fabricación, seguimiento o gestión.
- **IoT industrial:** Esta categoría de dispositivos son aquellos que se utilizan en lugares industriales tales como; robots, sensores y sistemas de control de producción y procesos.

Según el tipo de dispositivo:

- **Dispositivo de sensores:** Son los que tienen la capacidad de recopilar información física del entorno, estos datos pueden ser de humedad, presión, temperatura, movimiento, etc.
- **Dispositivos actuadores:** A diferencia de los demás dispositivos estos pueden controlar y modificar el entorno con el ajuste de ordenes o según la información percibida.
- **Dispositivos de comunicación:** Estos son los cuales permiten la comunicación entre los dispositivos por medio de alguna tecnología de comunicación sea esta bluetooth, wi-fi, entre otras.

Según su aplicación:

- **Salud:** son empleadas para la rama de Salud, que pueden medir monitoreo de los pacientes, rehabilitación, rastreo del progreso y mejora de un paciente, como también la entrega de medicinas.
- **Logística:** Usualmente son aquellos dispositivos que se emplean para rastrear cadenas de suministro, rastreo para reducir la pérdida o robo de un activo, gestión de inventario como también el diseño y seguimiento de rutas de entrega.
- **Fabricación:** Estas son aquellas que se utiliza para mejorar el rendimiento, que permiten medir la eficiencia y productividad en la fabricación de una industria, puede ser por medio del control de calidad, tiempos y automatización de sus procesos.

Según su potencial impacto para la vida:

- **Tipo A:** si su pérdida afecta a los objetivos de seguridad o causa graves daños físicos, económicos o sociales.
- **Tipo B:** si la pérdida de uno o de todos los objetivos de seguridad causa un daño físico de menor escala sea este económico o social menor al ser vivo, pero sin el riesgo de un daño irreparable.
- **Tipo C:** si la pérdida de uno o de todos los objetivos de seguridad causa un daño físico casi imperceptible sea económico o social menor al ser vivo y su funcionalidad puede ser fácilmente prescindir por un proceso manual.

2.3. Implicaciones de las IoT.

Teniendo en consideración como una decisión como el uso de las IoT pueden impactar la vida de las personas, es importante plantear sus beneficios y riesgos, para Karen Rose, Scott Eldridge, Lyman Chapin implementar estos dispositivos pueden transformar la vida de las personas en diversos aspectos y cambiar la forma en la que vivimos, la gestión de diversas tareas desde una visión de inteligencia artificial y su conectividad con el internet ofrece una mejor gestión y beneficio para las personas independientemente de su costo, en nuestra generación actual el internet de las cosas está presente en diferentes ámbitos de la vida humana, desde electrodomésticos, dispositivos conectados a internet, hasta casas inteligentes que ofrecen seguridad y eficiencia energética. Si bien algunos observadores ven a la IoT como un mundo inteligente, revolucionario y totalmente interconectado; un mundo de progreso, eficiencia y oportunidades, otros advierten que la misma puede representar un mundo más oscuro, un mundo de vigilancia y violaciones a la privacidad en el cual los consumidores estarán atrapados (Ortiz A. M. & González R., 2019).

Por el contrario Irene Salas Sanz (2019) manifiesta que el constante crecimiento del ecosistema de los dispositivos IoT tiene mayores implicaciones en temas de seguridad, contraseñas y vulnerabilidades del manejo de nuestra privacidad, ella remarca lo contraproducente que es la disponibilidad de tener todo interconectado por medio de sistemas, para ella existe la posibilidad de ataques como los backdoors en firmware o el cliente de software, el permiso y acceso a personas no autorizadas a los sistemas. El impacto que tiene este acceso no autorizado por un usuario malintencionado es la pérdida o alteración

de información, así como la denegación y el comprometimiento de los dispositivos y/o cuentas de los usuarios (Salazar Soler M., 2016).

Los objetivos de la IoT pretenden tomar en consideraciones el reforzamiento de sus consideraciones vulnerables, por medio de sus características que según se basan en cinco principales que son:

- **Fiabilidad:** El funcionamiento apropiado es el objetivo y medición de éxito como también de sus servicios; es crítico para los requisitos en las aplicaciones en software y hardware, al tener la responsabilidad de recopilar datos y la toma de decisiones es necesario que no se comentan equivocaciones que puedan causar daños y consecuencias a la fiabilidad de las IoT.
- **Rendimiento:** Para satisfacer las necesidades de las personas es necesario una evaluación del rendimiento de las aplicaciones y muchos de sus componentes, se deben enfatizar la continua mejora de los servicios ofrecidos por las IoT, existe muchos avances en temas de innovación, pero no hay un correcto consenso en medir la capacidad de satisfacer una necesidad, la evaluación de esto aún es una cuestión abierta.
- **Interoperabilidad:** La capacidad de comunicarse y el funcionamiento conjunto de los dispositivos es un componente esencial de las IoT permitiendo compartir datos de manera fluida con la finalidad de evitar la fragmentación del ecosistema por medio de la adopción masiva y la capacidad de innovar.
- **Seguridad y Privacidad:** La vulnerabilidad a los ataques cibernéticos y la divulgación como el uso indebido de los datos que están recopilados en

los dispositivos conectados al internet es un tema de consideración primordial para evitar el riesgo a las infracciones de privacidad, y tomar medidas adecuadas para resguardarse de una divulgación de datos sensibles.

- **Gestión:** Para poder administrar, monitorear y manejar de manera eficiente las IoT con todo lo que conforma su ecosistema; como lo son dispositivos, datos y aplicaciones, es necesario garantizar el correcto funcionamiento por medio de prácticas, procesos y herramientas.

La Tabla 1 muestra los temas objetivo de las IoT y sus principales aspectos de consideración si se busca aplicar Tecnologías IoT.

Tabla 1. Objetivos y aspectos principales de las IoT

Temas objetivos de las IoT	Principales aspectos	Beneficios	Consideraciones
Fiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de disponibilidad de dispositivo para su uso. - Correcto funcionamiento sostenido en periodos. - Facilidad de reparación y mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Soluciones exitosas. - Garantizar resultados esperados. - Beneficios a largo plazo con los mismos dispositivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de sistemas con redundancia incorporada. - Protección de dispositivos de entornos hostiles. - Implementación de planes de mantenimiento preventivo.
Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de respuesta a una solicitud. - Probabilidad de funcionamiento correcto. - Capacidad de datos. - Relación entrada y salida del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mejores experiencias para los usuarios. - Mejor toma de decisiones con mayor precisión de los datos. - Mayor eficiencia en las organizaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elección de dispositivos con tecnología adecuada. - Uso de red de alta capacidad. - Optimizar la aplicación al reducir la cantidad de datos a recopilar.

Interoperabilidad	Estándares: MQTT. CoAP. LwM2M.	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor flexibilidad y escalabilidad. - Mejora de la innovación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elegir dispositivos, plataformas y aplicaciones que cumplan con los estándares comunes. - Utilizar herramientas y servicios de interoperabilidad.
Seguridad y Privacidad	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo seguro de dispositivos. - Seguridad de la red. - Gestión de Seguridad. - Educación y concienciación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Protección de datos. - Prevención de ataques cibernéticos. - Mejora de la confianza de los usuarios. - Protección de redes y sistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elegir dispositivos seguros. - Configurar correctamente los dispositivos. - Mantener los dispositivos actualizados. - Proteger las redes con medidas de seguridad sólidas.
Gestión	<ul style="list-style-type: none"> -Aprovisionamiento y configuración. - Supervisión control. - Actualización y mantenimiento. - Seguridad - Análisis de Datos. - Integración de Sistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor eficiencia y productividad. - Reducción de costos. - Mejora de la seguridad y la privacidad. - Nuevos modelos de negocios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planificar estrategias. - Implementar medidas de seguridad. - Analizar datos. - Ser Flexible y adaptable.

Fuente. (elaboración propia)

Modelos de comunicación

Los modelos de comunicación de IoT son los diferentes métodos que utilizan los dispositivos para comunicarse entre sí como también con otros sistemas. Estos modelos se pueden clasificar en diferentes categorías, dependiendo de los factores que se considere; diversos autores han propuesto diferentes clasificaciones para estos modelos de comunicación estandarizados

que sean de funcionalidad para los objetos inteligentes, estos modelos se les pueden clasificar en cuatro categorías principales (Rodríguez P. J. & Martínez F., 2019).

Dispositivo a Dispositivo (D2D): Este modelo permite la comunicación en tiempo real con una conexión remota entre dos dispositivos o más, es decir; por medio de una red o enlace de manera directa no se tiene la necesidad de un servidor de aplicaciones como ente intermediario o estación base, su forma de comunicación se basa en la proximidad física. Este modelo tiene como finalidad proporcionar una conexión que transmita e intercambie información entre los distintos dispositivos y que a su vez posean la capacidad de desencadenar acciones por sí mismos. Las ventajas de la comunicación D2D es su eficiencia energética y su capacidad de transmisión de datos, este modelo de comunicación se puede dar de dos maneras (Fernández L. A. & Gómez C., 2020).

- **Directa:** este tipo de comunicación se utiliza en una variedad de aplicaciones, como redes de sensores, redes de vehículos autónomos y redes de Internet de las cosas (IoT). Esta comunicación es inalámbrica donde dispositivos se comunican directamente entre sí, sin necesidad de un punto de acceso central, los modelos de comunicación directa de D2D puede ser de punto a punto y de comunicación multipunto.
- **Por medio de red:** se refiere a una comunicación inalámbrica entre dispositivos sin involucrar estaciones bases como la infraestructura de red tradicional; los dispositivos que se encuentran cerca descubren la presencia de los demás a través de mecanismos asistidos por la red,

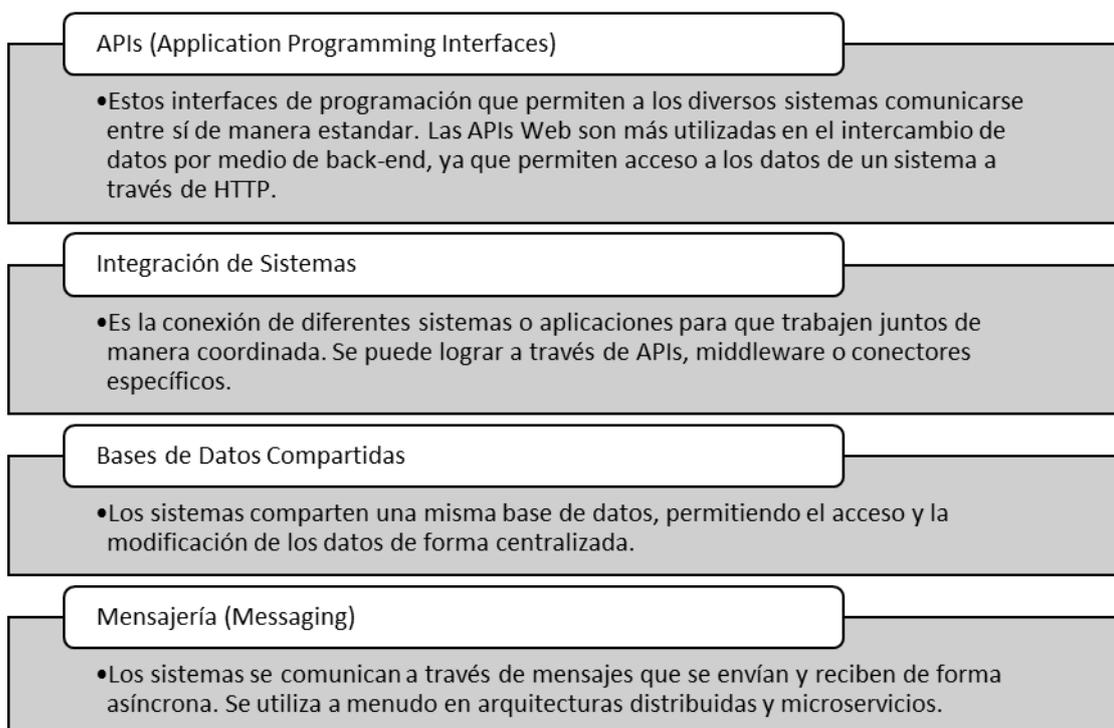
esto puede implicar varios protocolos y tecnologías según la aplicación específica y el contexto de la red.

Dispositivo a Nube (D2C): Este término define a la comunicación que emite un dispositivo por medio datos, este tipo de comunicación se pueden almacenar, procesar o analizar en la nube una vez receptada la información emitida. La comunicación D2C se utiliza principalmente en el Internet de las cosas, como en sensores y actuadores, los datos recopilados sirven para controlar dispositivos, monitorear condiciones y proporcionar análisis. El modelo de D2C utiliza protocolos de comunicación tales como HTTP, MQTT y CoAP, de igual manera utiliza protocolos de seguridad como HTTPS y TLS con el fin de hacer que la comunicación sea segura. Los datos recopilados por los dispositivos se pueden almacenar en la nube de servicios tales como Amazon S3 o Microsoft Azure Blob Storage (Méndez R. C. & Silva E., 2021).

Dispositivo a Puerta Enlace (D2G): La comunicación D2G se utiliza en una variedad de aplicaciones, desde el envío de datos de telemetría desde un dispositivo a un controlador, como en la conectividad de sensores a una red. Generalmente se los puede ver en el empleo de conexión de dispositivos IoT a internet, permitiendo a comunicación flexible, eficiente y segura. Algunos de los ejemplos de adaptación e integración de este modelo de comunicación son en sensores de temperatura, los cuales se enrutan al internet. Una de las desventajas de la comunicación D2G es que puede consumir más energía que la comunicación tradicional entre dispositivos, ya que los dispositivos deben transmitir datos a la puerta de enlace.

Intercambio de Datos por medio de Back-end: Este tipo de comunicación se refiere transferencia de información entre diferentes sistemas por medio de componentes invisibles de las aplicaciones que se encargan de la lógica, el procesamiento de datos y la comunicación con la base de datos con otros sistemas, sin la intervención directa del usuario. Este sitio o aplicación web es el motor de los métodos más comunes para el intercambio de datos por medio de back-end:

Figura 2. Transferencia de datos mediante módulos



Fuente. (elaboracion propia)

2.3.1. Tecnologías RFID

Las tecnologías RFID (Identificación por Radio Frecuencia) se basan en el uso de etiquetas RFID, estas etiquetas diminutas que actúan como mini-computadoras inalámbricas, almacenan información y la transmiten a través de

ondas de radio, las RFID se basan en un concepto similar al del sistema de código de barras donde la principal diferencia es que la RFID emplea señales de radiofrecuencia en diferentes bandas; las etiquetas RFID están subdivididas en tres tipos según su fuente de energía: pasiva, activa y semi-pasiva (Martínez A. C. & López D., 2020).

Etiquetas RFID activas: Por lo general tienen mayor alcance y una gran velocidad de lectura debido a la potencia de su transmisor que determina la señal de radio que genera la etiqueta, poseen la capacidad de almacenar más datos que las etiquetas pasivas o semi-pasivas, sin embargo, también son más caras y complejas, su batería es interna y les proporciona la energía necesaria para transmitir su información.

Etiquetas RFID pasivas: Son etiquetas que no tienen batería interna y en su lugar utilizan la energía de la onda de radio emitida por el lector para transmitir su información, lo que les da un alcance menor, una velocidad de lectura más lenta, capacidad de almacenar menos datos que las etiquetas activas y por lo tanto son más baratas y sencillas.

Etiquetas RFID semi-pasivas: son etiquetas que tienen una batería interna que solo se utiliza para alimentar el chip, por lo que la energía para la transmisión proviene del campo magnético emitido por el lector, generando un alcance intermedio entre las etiquetas activas y pasivas. Poseen una velocidad de lectura similar y más económicas que las etiquetas activas y la capacidad de almacenar más datos y más costosas que las pasivas.

2.3.2. Modelo de Comunicación D2D en Tarjetas RFID

La comunicación D2D (Device-to-Device) en tarjetas RFID es un modelo que permite la comunicación directa entre tarjetas sin necesidad de un lector central. Para poder almacenar y procesar información; las tarjetas pueden contener memoria adicional para almacenar datos propios y de otras tarjetas con las que se comunican, existen algunos modelos avanzados permiten ejecutar scripts o programas sencillos dentro de la propia tarjeta (López M. R. & Fernández P., 2019).

Uno de los desafíos del modelo de comunicación D2D en tarjetas RFID es que la distancia de comunicación entre tarjetas suele ser corta, lo que limita el alcance de las aplicaciones. En un estudio sobre sincronización D2D, espera que la tecnología D2D en tarjetas RFID siga evolucionando en el aumento de su alcance de comunicación con la continua mejora en seguridad a un bajo coste para las tarjetas, esto permitirá que se desarrolle una amplia gama de aplicaciones innovadoras en diversos sectores económicos, de industria y cualquier ámbito de uso particular (García J. A. & Ramírez L., 2020).

Las tarjetas RFID se basan en la comunicación inalámbrica de corto alcance, la transmisión de ondas de radiofrecuencia (RF) contienen un chip y una antena que les permiten almacenar y transmitir datos, las emisiones de ondas de radiofrecuencia son captadas por la antena de la etiqueta y el chip de la etiqueta interpreta las ondas de radiofrecuencia transmitiendo los datos almacenados al lector. Las tarjetas RFID no necesitan línea de visión para funcionar, lo que las hace ideales para aplicaciones en las que es necesario identificar objetos que están en movimiento o que están ocultos. Estas tarjetas son adecuadas para aplicaciones en entornos hostiles ya que suelen ser

resistentes, por otro lado, los sensores que se utilizan para detectar la presencia de una etiqueta; suelen ser sensibles lo cual es una característica necesaria para su capacidad de detectar las señales débiles que emanan las tarjetas y de procesarlas con precisión (Méndez C. E. & Salinas R., 2021).

2.3.3. Interacción tarjetas RFID y Raspberry Pi.

La comunicación entre estos dos conceptos es un proceso de tres actores, una tarjeta, lector y el microprocesador, en donde las tarjetas RFID y el Raspberry Pi se influyen mutuamente por medio del lector RFID. Para que esta cooperación se lleve a cabo la tarjeta RFID se debe acercar al lector para captar las señales emitidas por la tarjeta; enviando las señales a la Raspberry Pi, esta procesará la información recibida y tomará las acciones correspondientes. Según el proyecto de investigación e implementación de tecnologías RFID para que una Raspberry Pi con un lector RFID pueda controlar el acceso a una habitación, la Raspberry Pi debe de leer el UID de la tarjeta RFID implementada, esto presentara la identificación de persona que quiera entrar a la habitación, si el UID está en la lista de usuarios autorizados, la Raspberry Pi permitiría el acceso a dicho espacio físico restringido (Gómez A. F. & Torres, 2019).

Tabla 2. Interacción tarjetas RFID en conjunto con Raspberry Pi

Hardware	Raspberry Pi	Actua como el cerebro, procesa informacion recibida por la tarjeta y toma acciones en consecuencia a ello.
	Lector RFID	Su funcionalidad es hacer de puente entre el mundo fisico y el digital, capta las señales de las tarjetas y las envia a las Rapsberry.
	Tarjetas RFID	Almacena y transmite información, son las desencadenantes de las acciones e interacciones consiguientes.

Fuente. (elaboración propia)

2.3.4. Raspberry Pi y Cámaras Digital Compacta

La RaspiCam está diseñada específicamente para funcionar con la minicomputadora Raspberry Pi, es una cámara versátil y asequible que la convierte en la mejor opción para diversos proyectos y aplicaciones comerciales. Utiliza un sensor que le permite capturar imágenes, su lente gran angular fijo tiene un campo de visión ideal para capturar una amplia zona sin necesidad de mover la cámara. Se conecta fácilmente a las Raspberry Pi a través del puerto, que ofrece una transferencia de datos rápida y eficiente para manejar imágenes y vídeos. Es compatible con una amplia variedad de software de código abierto que le permitan realizar diversas tareas como captura de imágenes, grabación de vídeos, transmisión en vivo e incluso procesamiento de imágenes con técnicas como reconocimiento facial. Su diseño es compacto y ligero (aproximadamente 25mm x 25mm) lo cual la hace perfecta para proyectos con espacio limitado, tiene un precio muy asequible en comparación con otras cámaras digitales de similar calidad, es una herramienta versátil y fácil de usar que abre un mundo de posibilidades para la creatividad y la innovación (Ramírez D. C. & López M., 2020).

2.3.5. Monitoreo Ambiental.

En bodegas de medicamentos el monitoreo permanente del ambiente es un proceso esencial para garantizar la seguridad y la eficacia de los medicamentos, este proceso consiste en medir y controlar condiciones de las bodegas tales como; la temperatura, la humedad y la contaminación. El monitoreo ambiental en bodegas de medicamentos se puede realizar mediante sistemas automatizados, existen sensores de humedad y temperatura que miden la cantidad de agua presente y la temperatura de un material, sus características pueden variar dependiendo de tipo, entre los más comunes existen (García L. E. & Martínez R., 2019):

Sensores capacitivos: Este tipo de sensor eléctrico utiliza la capacidad eléctrica para medir una cantidad física, como la distancia, la presión o la humedad. funcionan midiendo la cantidad de carga eléctrica que puede almacenar el condensador. Las ventajas de estos sensores es el bajo costo, fiables y de fácil manipulación, sin embargo, se debe tener cuidado con la interferencia de otros campos eléctricos, magnéticos y altas temperaturas; esto puede causar errores en las mediciones.

Sensores resistivos: Estos sensores miden la proximidad, temperatura y la humedad por medio de la resistencia eléctrica de un material, es decir mide la oposición que ejerce un material al flujo de corriente eléctrica. De manera paradójica estos sensores pueden ser sensibles a la humedad lo que afecta a su capacidad de medir la resistencia eléctrica y de igual manera son sensibles a altas temperaturas.

Sensores dieléctricos: Su sistema de medición se da por medio del cambio de su permitividad dieléctrica, esto quiere decir que mide la humedad, la temperatura y la presión por medio de la capacidad de un elemento de almacenar energía de un campo eléctrico. En general, los sensores dieléctricos son una opción precisa y fiable para una variedad de aplicaciones, pero pueden ser demasiado costosos.

Sensores de humedad óptica: Miden la humedad por medio de la cantidad de luz que se refleja o se transmite a través del material, lo que permite al sensor medir los niveles de humedad del ambiente. Son rápidos, fiables, no invasivos, pero pueden llegar a ser muy costosos y no miden la temperatura.

Sensores AHT10: Este sensor pertenece al tipo de *sensores capacitivos*, su sistema de medición es por medio de dos sensores; uno de carga eléctrica que almacena en una película capacitiva y el otro del tipo termistor, el grado de medición de la temperatura y humedad es; en porcentajes de 0 a 100 (rango de humedad) y de -40 a 85 grados Celsius (rango de temperatura). Cabe mencionar que en el mercado existe un grupo limitado de empresas que fabriquen estos sensores AHT10 a diferentes precios y con diferentes características, algunos proveedores ofrecen sensores AHT10 con un rango de temperatura extendido o con una resolución de humedad mejorada.

El sensor AHT10 y la IoT están estrechamente relacionados, el sensor es un componente ideal para construir sistemas inteligentes en variedades de aplicaciones. Estos dispositivos pueden recopilar y transmitir datos sobre su entorno, se utilizan actualmente en diversos fines como; el monitoreo ambiental, el control de procesos industriales y la automatización del hogar. El sensor

AHT10 utiliza un microcontrolador integrado para leer las señales de los sensores capacitivos, luego convierte las señales en lecturas de humedad y temperatura (Rodríguez P. J. & Gómez R., 2020).

2.3.6. Softwares de Código Abierto

Apache: Es un conjunto de proyectos de software de código abierto más populares y exitosos del mundo, es desarrollado y mantenido por la Fundación Apache Software, la fundación alberga proyectos de software libre y de código abierto – entre los más conocidos está Apache HTTP – con una cuota de mercado estimada del 60%. Creado en 1995 por Robert McCool como una alternativa al servidor web NCSA, desde entonces se ha desarrollado rápidamente como un software maduro y confiable. A este software se le puede dar diversas funcionalidades; como *servidor web* su principal función es almacenar, procesar y entregar páginas web y otros contenidos a los usuarios finales, es el intermediario que recibe las solicitudes de los navegadores y envía la información desde el servidor físico. Si se lo utiliza como *sitio web estático*, no requiere ninguna interacción con el usuario y se puede utilizar lenguajes marcados como HTML, CSS o JavaScript, con la finalidad de crear contenido del sitio web en cuestión. Si se lo usa como *alojamiento de aplicaciones web* si va a requerir interacción con el usuario, el contenido generado de manera dinámica se desencadenará como respuesta de las solicitudes enviadas por el usuario, recordando que para la creación de una aplicación web con Apache es necesario utilizar lenguajes de programación como PHP, Python o Ruby (Hernández L. A. & Martínez P., 2020).

Tabla 3. Principales características de Apache

CARACTERÍSTICAS	CONCEPTUALIZACIÓN
<i>Gratuito y de código abierto</i>	Disponibilidad bajo licencia es gratuito, permite a la comunidad de desarrolladores mejorar y expandir su funcionalidad constantemente.
<i>Capacidad de configuración alta</i>	Gran flexibilidad para adaptarse a necesidades específicas activando o desactivando módulos para añadir funcionalidades como autenticación, caché, reescritura de URL, etc.
<i>Multiplataforma</i>	Funciona en la mayoría de los sistemas operativos, incluidos Windows, Linux, MacOS y otros.
<i>Seguridad</i>	Tiene incluido elementos de seguridad integrada como; autenticación, autorización y encriptación para proteger el servidor y la base de datos.
<i>Escalabilidad</i>	Posee la capacidad de manejar grandes volúmenes de tráfico; maneja bien desde páginas web personales hasta web con millones de visitantes diarios.
<i>De uso fácil</i>	Su configuración puede ser sencilla, y posee numerosos recursos y documentación guía.
<i>Compatibilidad con tecnologías web</i>	Apache soporta los protocolos HTTP/1.1 y HTTP/2, así como lenguajes de programación como PHP, Python y Perl.

Nota. Elaboración propia

MySQL: Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto y gratuito (RDBMS) de los más populares a nivel global y se utiliza en una amplia gama de aplicaciones incluidos sitios web, aplicaciones web, sistemas empresariales y bases de datos de almacenamiento de datos que se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, proyectos, sitios web hasta sistemas empresariales (Pérez, 2019).

Los datos de MySQL se almacenan en tablas que se componen de filas que representan registros individuales y columnas representan atributos de los registros. Las desventajas de MySQL son su complejidad de diseñar y administrar y alto costo especialmente para grandes empresas. Este sistema es potente, flexible y puede (Pérez, 2019).

Tabla 4. Principales aplicaciones para MySQL

Aplicaciones		
	Sitios web	se utiliza para almacenar contenido web, información de usuarios y transacciones.
	Aplicaciones web	almacena datos para plataformas de comercio electrónico, sistemas de gestión de contenido y sitios de redes sociales.
	Sistemas empresariales	almacenamiento de datos para sistemas de gestión de inventario, gestión de clientes e informes financieros

Nota. Elaboración propia

Esta base de datos a la que se le puede dar múltiples aplicaciones; utiliza un lenguaje de consulta estructurado conocido como SQL, con el cual se puede acceder y manipular datos. La manera en que se relacionan sus tablas entre si es por medio de claves primarias y foráneas, siendo las claves primarias las columnas únicas las que identifican el registro de las tablas, mientras que, las claves foráneas por su parte hacen mención a las claves primarias de otras tablas.

Este lenguaje propio de consulta SQL le permite acceder y manipular los datos, este lenguaje estándar se utiliza en la mayoría de los sistemas de gestión de bases de datos relacionales. Para mayor entendimiento sobre cómo funciona esta base de datos se puede pensar en ella como como un libro de registro, donde cada tabla tiene filas y columnas. Las filas representan registros

individuales, mientras que las columnas representan atributos de los registros. Por ejemplo, una tabla de clientes podría tener las siguientes columnas; nombre, apellido, ciudad, etc., mientras que cada fila de la tabla representaría un cliente individual (Martínez L. A. & Fernández P., 2019).

Linux: Este sistema operativo de código abierto y gratuito basado en Unix, fue creado por Linus Torvalds en 1991 actualmente se continúa desarrollando por una comunidad mundial de desarrolladores. Al ser su código fuente disponible para el público se ha permitido modificar y distribuir rápidamente, adaptándose a una amplia gama de necesidades. Se le conoce por ser eficiente, utiliza los recursos del sistema de manera efectiva, de manera ideal para su uso en dispositivos con recursos limitados, como computadoras portátiles y servidores. También ofrece una variedad de características de seguridad para proteger los datos del usuario, permitiendo que más personas accedan a este para satisfacer sus necesidades y variedad de propósitos (Gómez C. R. & Salazar E., 2020).

Linux se puede utilizar en computadoras personales, laptops y cualquier otro dispositivo como sistema operativo del mismo, también como servidor es uno de los más populares por la capacidad de ejecutar una amplia gama de aplicaciones web, de correo electrónico y de bases de datos, usualmente las empresas lo utilizan en una variedad de aplicaciones. El núcleo Linux incluye una colección de software también conocida como distro y se pueden clasificar en tres categorías principales y sus tres distribuciones más populares:

Tabla 5. Tipo de Linux y sus distribuciones

TIPO	USOS	DISTRIBUCIONES
Domésticas	Diseñadas para el uso personal y doméstico, fáciles de usar e instalar, e incluyen una amplia gama de software usualmente destinadas para el entretenimiento.	Ubuntu para el hogar y el entretenimiento, como; navegadores web, correo electrónico y reproductores multimedia.
Empresariales	Diseñadas para su uso en entornos empresariales, ofrece una mayor estabilidad y seguridad; cuentan con soporte técnico profesional.	Red Hat Enterprise Linux ofrece soporte comercial y una amplia gama de características y opciones.
Servidores	Diseñadas para su uso en servidores ligera y eficiente, ofrecen una gama amplia de funciones para la administración de servidores.	Debian conocido por su base sólida, estable y confiable, es popular entre usuarios avanzados ya que ofrece un amplio repositorio de paquetes de software.

Nota. Elaboración propia

Raspbian: Es una distribución de Linux que se utiliza para crear servidores web pequeños que ahora es conocida como Raspberry Pi OS, es un sistema operativo basado en Debian donde hereda su estabilidad y robustez, optimizado para la Raspberry Pi de manera adaptable para aprovechar al máximo su rendimiento y recursos limitados (Pérez M. A. & Garcían R., 2020).

Su interfaz gráfica es similar a otros sistemas operativos como Windows o macOS y su línea de comandos es preferible para usuarios más avanzados, es de software preinstalado, viene con aplicaciones básicas como navegador web, procesador de texto y herramientas de programación, facilitando el inicio de su utilización; tiene un soporte para lenguajes de programación ideal para aprender y desarrollar con lenguajes como Python, Scratch y Java (Pérez M. A. & Garcían R., 2020).

De forma sencilla se podría decir que Raspbian es el cerebro de la Raspberry Pi, software que hace posible el funcionamiento de todas las partes, permitiendo la navegación por la web, programación, hasta realización de proyectos de electrónicas, entre otras. Es fácil de usar para principiantes debido a su interfaz gráfica, pero también es de opciones avanzadas para usuarios más expertos a través de su anterior mencionada línea de comandos (Pérez M. A. & Garcían R., 2020).

Sus usos van desde la educación, ya que se constituye una herramienta eficaz para aprender programación, electrónica y robótica, como también para el desarrollo de plataformas para prototipos, proyectos de electrónica y desarrollo de software. Se puede configurar la Raspberry Pi como un servidor web, de impresión o de archivos, suele ser utilizada para proyectos de domótica y automatización del hogar. En conclusión, Raspberry Pi OS es un sistema operativo versátil y fácil de usar que convierte tu Raspberry Pi en una herramienta poderosa para la educación y el desarrollo (Pérez M. A. & Garcían R., 2020).

2.3.7. Herramientas de Apoyo

Filezilla: Es un cliente FTP gratuito y de código abierto que se utiliza para transferir archivos entre computadoras, se utiliza en una variedad de aplicaciones, desde la transferencia de archivos personales hasta el desarrollo web, las características de seguridad del cliente están bajo el protocolo FTP de red estándar; siendo no muy seguro sin el cuidado necesario, ya que los datos transferidos no están cifrados y se puede interceptar los datos transferidos siendo leídos por atacantes. Las características de seguridad del cliente son sólidas, pero existen algunas vulnerabilidades que podrían ser explotadas por atacantes, para ello se deben seguir recomendaciones de seguridad para ayudar a proteger los sistemas tales como:

- Utilizar la autenticación con contraseña secreta más segura que la autenticación básica.
- Activar el cifrado de los datos transferidos por SSL/TLS lo que haría más difícil para los atacantes poder interceptarlos.
- Crear una lista negra de direcciones IP para bloquear el acceso a los archivos.
- Limitar el acceso a los archivos para que solo puedan acceder los usuarios autorizados (López F. J. & Martínez R., 2019).

PuTTY: Es una aplicación de emulador terminal y transferencia de archivos de red gratuita y de código abierto, se puede conectar a computadoras y servidores remotos por medio de varios protocolos como SSH, Telnet, rlogin y otras conexiones de socket que no tengan formato. Permite el acceso y administración segura a servidores remotos que se ejecutan en Linux, sistemas

operativos de Unix, etc.; se puede convertir en el teclado y pantalla virtual de manera directa de una computadora para controlar otra máquina.

PuTTY permite el acceso remoto lo cual lo hace ideal en el uso de las Raspberry Pi, si este microprocesador está ubicado un lugar poco accesible o no tiene un monitor conectado, de igual manera permite el acceso a él desde cualquier computadora con conexión a internet. Generalmente cuando se configura la Raspberry Pi por primera vez, se debe conectar a él directamente a través de un teclado y monitor, pero una vez configurado; se puede usar PuTTY para acceder de forma remota con el fin de realizar futuras configuraciones, actualizaciones y tareas (García M. A. & Hernández J., 2020).

2.3.8. Ejemplos de IoT en vida real

Existen 2 estudios que realizaron la aplicación del IoT en la vida real el de Patil et al. (2024) y Stolojescu-Crisan et al. (2021) tanto para aplicación comercial como aplicación en casa.

En las últimas décadas, la producción de pollos ha aumentado drásticamente en todo el mundo gracias a la cría estandarizada y las buenas prácticas de producción, este aumento se debe a una mayor conciencia de la seguridad alimentaria y a la creciente demanda de carne de pollo de alta calidad, en respuesta a esta demanda la automatización se ha convertido en un proceso clave en la avicultura (Patil & Pise, 2024).

La automatización en la cría de aves tiene como objetivo minimizar el trabajo manual mediante la automatización de diversas actividades agrícolas, como el control de la humedad, la temperatura, la luz y los niveles de gas amoníaco se monitorean y controlan automáticamente y la alimentación, el

suministro de agua y la limpieza se gestionan mediante sistemas automatizados lo cual aumenta la calidad y calidad de la producción de los pollos (Patil & Pise, 2024).

Patil et al. (2024) propuso un sistema el cual utiliza módulos de sensores conectados a un Arduino Uno para adquirir datos ambientales, que luego se suben a un sitio web a través de un módulo Wi-Fi, lo que permitió a los administradores de la granja monitorear las condiciones internas del gallinero de forma remota por medio de un móvil o una PC, lo que facilita la gestión, el monitoreo en tiempo real y garantiza el mantenimiento constante de las condiciones ambientales óptimas (Patil & Pise, 2024).

El sistema funciona a través de un microcontrolador ESP32, el cual tiene procesadores de doble núcleo, Wi-Fi y Bluetooth, sirve como eje central para la integración de varios sensores y componentes en aplicaciones IoT, se conecta a Blynk Cloud vía Wi-Fi lo que permite el monitoreo y control remoto (Patil & Pise, 2024).

Los diferentes sensores utilizados fueron el sensor AHT10 para mediciones precisas de temperatura y humedad, el sensor MQ135 para detectar gases nocivos como el amoníaco y el CO2 y garantizar un control climático óptimo de la calidad del aire, los sensores ultrasónicos e infrarrojos midieron las distancias para aplicaciones como el seguimiento de paneles y la detección de movimiento o presencia y así mejorar la seguridad; y el sensor LDR y PIR para controlar automáticamente la iluminación en función de los niveles de luz ambiental (Patil & Pise, 2024).

Respecto a la electricidad usaron un panel solar con células fotovoltaicas, alimentado por fuentes de energía renovables, lo que produjo electricidad y promovió la sostenibilidad; para gestionar el almacenamiento de energía por medio de un sistema de gestión de baterías (BMS) se garantizó una carga y descarga eficientes, lo que prolongaba la vida útil de la batería, mientras que un controlador de carga regulaba el voltaje y la corriente de los paneles solares, evitaba la sobrecarga y maximizaba el rendimiento de la batería y una pantalla LCD para visualización de parámetros del rendimiento del panel solar, estado de la batería y consumo de energía (Patil & Pise, 2024).

Patil et al. (2024) encontró que al realizar esta automatización se redujo el 15% de los problemas respiratorios de las aves, una reducción del 20% del consumo de energía, un incremento de la seguridad, facilidad y comodidad de uso de las aplicaciones por parte de los usuarios y un mejor control del comportamiento de las aves lo que mejoro las prácticas de manejo.

Por otra parte, Stolojescu-Crisan et al. (2021) realizaron una propuesta de domótica donde utilizaron el sistema qToggle desarrollado con el lenguaje Python, con API REST, interfaz web, JavaScript Object Notation (JSON), protocolos, plugins, hipertexto, mensaje basado el HTTP y licencia Apache 2.0.

El microcontrolador que utilizaron para el sistema fue el chip ESP8266, por su tamaño, consumo de energía ultrabajo, potente procesamiento integrado y almacenamiento; también instalaron un sistema de energía solar con paneles fotovoltaicos (Stolojescu-Crisan, Crisan, & Butunoi, 2021).

qToggle está construido sobre una API flexible y potente (definido API desde cero) lo que permitió que varios tipos de dispositivos trabajaran juntos, ya

que qToggle proporciona un lenguaje simple para IoT mediante el uso del formato de datos JSON que está definido por RFC 7159, encender una bombilla debería ser tan fácil como PATCH-ing a una URL, mientras que obtener la temperatura de un sensor requiere una simple solicitud GET; la idea detrás de qToggle es controlar sistemas programables que tienen una pila de Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP) a través de solicitudes HTTP simples. Por ejemplo, estos sistemas pueden ser computadoras de placa única o microcontroladores habilitados para TCP/IP (Stolojescu-Crisan, Crisan, & Butunoi, 2021).

qToggle tiene como objetivo proponer un estándar que permita administrar, aprovisionar y comunicarse con diferentes dispositivos. qToggle hace uso de las tecnologías existentes y ampliamente utilizadas, como las API RESTful sobre HTTP, que pasan datos codificados como JSON (Stolojescu-Crisan, Crisan, & Butunoi, 2021).

Las características que hacen que qToggle sea especial son las siguientes (Stolojescu-Crisan, Crisan, & Butunoi, 2021):

- Una solución unitaria y consistente que integra todas las funciones requeridas;
- Aprovisionamiento y gestión de dispositivos;
- La actualización de firmware a través de la misma API única utilizada por todos los dispositivos;
- El uso de expresiones permite implementar reglas inteligentes y complejas entre varios sensores y actuadores dentro de una red;

- Topología maestro-esclavo jerárquica que ofrece flexibilidad y escalabilidad;
- Los datos del usuario no salen de las instalaciones de la red local, no siendo necesaria una conexión a la nube (por razones de seguridad y privacidad);
- La aplicación web integrada funciona bien en todas las plataformas principales (tanto de escritorio como móviles): Android, iOS, Windows, Linux o macOS.

El hardware utilizado en el sistema incluyó placas Raspberry Pi 4, módulos WiFi ESP 8266 y dispositivos inteligentes; los tres roles de una placa Raspberry Pi en una configuración qToggle son los siguientes: la placa podría actuar como un dispositivo qToggle cuando está equipada con periféricos (sensores o placas de relés), también podría actuar como un concentrador maestro para otros dispositivos y, finalmente, podría ayudar a instalar el firmware ESP en algunos dispositivos, cuando se ejecuta Tuya Convert OS (Tuya es una plataforma de dispositivos inteligentes china que ofrece servicios en la nube para dispositivos basados en ESP8266/ESP8285). Tuya Convert OS ayuda a reemplazar este firmware propietario de Tuya con un firmware personalizado, sin desmontar el dispositivo. Un hecho importante es que funciona solo para dispositivos basados en Tuya. De hecho, Tuya Convert OS es una imagen personalizada de Raspbian OS que ejecuta Tuya Convert con una interfaz de usuario amigable (Stoljescu-Crisan, Crisan, & Butunoi, 2021).

El módulo Wi-Fi ESP 8266 representa un conjunto de sistemas en chip (SoC) inalámbricos altamente integrados y eficientes, que proporciona una

solución de red Wi-Fi completa e independiente, se utilizó la versión ESP8266EX, el cual es uno de los chips Wi-Fi más integrados, con una versión mejorada del procesador L106 Diamond de 32 bits de Tensilica con SRAM en chip y diecisiete pines GPIO que se pueden asignar a varias funciones mediante la programación de los registros adecuados, dos pines de alimentación, un pin de tierra, un pin de reinicio y dos pines de reloj (Stolojescu-Crisan, Crisan, & Butunoi, 2021).

El ecosistema qToggle está compuesto por qToggleServer (actúa como concentrador), qToggleOS (sistema operativo que ejecuta qToggleServer y se usa con placas Raspberry Pi), espQToggle (firmware personalizado para dispositivos ESP8266/ESP8285 e implementa la API qToggle), complementos y otras herramientas y paquetes que son específicos para ciertas configuraciones y casos de uso (Stolojescu-Crisan, Crisan, & Butunoi, 2021).

Con estas características Stolojescu-Crisan et al. (2021) implementaron qToggle en una casa real de dos pisos con cinco habitaciones, dos baños, cocina, despensa, cobertizo, garaje y jardín con el objetivo de controlar la temperatura interior (termostatos y aire acondicionado (A/C)), controlar las luces (encender-apagar), monitorear la energía y la electricidad, controlar las puertas (portones, puerta del garaje o ambas al mismo tiempo (abrir-cerrar), seguridad (la alarma) y control de los aspersores de jardín.

2.4. Marco Conceptual

Raspberry Pi: Es una pequeña computadora de placa única que se destaca por su tamaño compacto, bajo costo y versatilidad, con buena capacidad de realizar una amplia gama de tareas, desde proyectos hasta servidores domésticos y entretenimiento multimedia (Martínez P. R. & López F., 2020).

Condensador: También conocido como capacitor, es un dispositivo pasivo que se utiliza para almacenar energía eléctrica, está formado por dos placas conductoras separadas por un material dieléctrico. Los condensadores son componentes esenciales en muchos circuitos electrónicos, su capacidad para almacenar energía eléctrica los hace ideales para una amplia gama de aplicaciones (García M. L. & Torres J., 2020).

Película capacitiva: Es un tipo de pantalla que utiliza una película conductora transparente para detectar la entrada táctil, cuando un dedo toca la pantalla; la capa conductora transparente se conecta a la capa conductora inferior, esto crea un circuito eléctrico que se puede detectar por otro circuito electrónico. Las películas capacitivas se requieren poca potencia y son menos sensibles a la presión que otros tipos de pantallas táctiles, como las pantallas resistivas (Fernández C. A. & Pérez L., 2020).

Termistor: Es un sensor de temperatura que utiliza la variación de la resistencia eléctrica de un material semiconductor con la temperatura, esta resistividad es una medida de la oposición de un material al flujo de corriente eléctrica, a medida que aumenta la temperatura, la resistividad de un material semiconductor disminuye; esto se debe a que los electrones libres en el material

se mueven más rápido a medida que aumenta la temperatura (Salazar E. M. & González R., 2019).

Hosting: Que es un servicio que te permite publicar tu sitio web en Internet, es el alquiler de un espacio en un servidor físico donde se puede almacenar los archivos y datos necesarios para el sitio web a desarrollar; garantizando que este funcione correctamente (López A. M. & Ramírez J., 2020).

Dieléctrico: Es un aislante eléctrico con baja conductividad eléctrica es decir un material que no conduce la electricidad, los electrones no pueden moverse libremente a través de él. Se encuentran mayormente incluidos en componentes eléctricos, materiales de construcción y aislantes (Méndez F. P. & Rodríguez C., 2021).

Zona climática IV: Esta categorización de zona climática corresponde a los climas subtropicales caracterizados por temperaturas medias superiores a 10 grados centígrados durante todo el año, en Ecuador correspondería a la parte costa, oriente e insular (Hernández J. A. & Salinas P., 2020).

HTML: Es el lenguaje y estructura básica de una página web, se utiliza para decir a los navegadores web cómo deben organizar y mostrar los diferentes elementos de una página.

CSS: Es el diseñador web que se encarga de las características visuales de la página web brindándole su propio estilo, utiliza un lenguaje especial para describir cómo deben verse los elementos de la página, puede cambiar el estilo de toda una página sin tener que modificar el código HTML.

JavaScript: Este código permite controlar los elementos de la página web, añade la interactividad haciendo que las páginas sean dinámicas y respondan a las acciones de los usuarios; se puede usar junto con HTML y CSS para crear páginas web más completas y dinámicas (Ramírez A. L. & Fernández P., 2020).

HTTP/1.1: Es la versión 1.1 del protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) el cual es el lenguaje, reglas y normas que utilizan los navegadores y servidores web para comunicarse entre sí, para que se entiendan e intercambien información.

HTTP/2: Esta versión es la más reciente que fue diseñada para mejorar la velocidad, seguridad y rendimiento de las páginas web.

Base de datos relacional: Tipo de base de datos donde se organizan los datos en tablas, filas y columnas que se relacionan entre sí mediante claves primarias y claves foráneas, permitiendo a los usuarios acceder y manipular datos.

Unix: Las interacciones con el sistema se realizan principalmente a través de comandos ingresados en una interfaz de línea de comandos, su núcleo está escrito principalmente en lenguaje C, permitiendo un alto rendimiento y eficiencia (Gómez L. J. & Hernández F., 2019).

Cifrado SSL/TLS: Es una tecnología invisible pero esencial que mantiene segura la vida digital, se encuentra en toda la web, especialmente en sitios que requieren información confidencial, se asegura de comunicar cuando un sitio web es legítimo y no con una imitación fraudulenta, el candado verde en la barra

de direcciones de los navegadores es señal de que un sitio web utiliza SSL/TLS (Torres P. A. & García J., 2020).

2.5. Marco Legal

2.5.1. Ley Orgánica de Salud Pública

En el libro III de las disposiciones comunes para vigilancia y control sanitario, se establece en el Art. 129 que; el cumplimiento de las normas de vigilancia y control sanitario se debe efectuar de manera obligatoria para todas las instituciones, organismos y establecimientos sean esto de carácter público o privado. Cualquier de estos entes que realicen actividades de “producción, importación, exportación, almacenamiento, transporte, distribución, comercialización y expendio de productos de uso y consumo humano” deben estar regidos bajo la observancia de las normas de vigilancia y control sanitario; en este artículo se reitera la aplicación de la ley sobre todo servicio de salud público y privado, con y sin fines de lucro, autónomos, comunitarios, etc.

Para complemento y aclaración del dictamen de la ley, dentro del mismo libro de disposiciones en el Art. 131 se determina que el “cumplimiento de las normas de las buenas prácticas de almacenamiento, dispensación y farmacia” serán controlados y certificados por la autoridad sanitaria nacional. Según el art.142 del Capítulo I de Título Único de las autorizaciones; las entidades competentes de la autoridad sanitaria nacional realizarán periódicamente inspecciones a los establecimientos y controles, con el fin de verificar que se mantengan las condiciones que permitieron su otorgamiento.

Es importante recordar que para medición el control sanitario; toma muestras de los productos en almacenamiento, en el caso de detectar que algún establecimiento no cumpla con las normas establecidas, la entidad competente de la autoridad sanitaria nacional tendrá la facultad de suspender la comercialización de los productos, sin perjuicio de las sanciones de ley.

Para efectos de esta ley según el Art. 259 de Capítulo V de las definiciones establecidas por la misma; se entiende por distribuidoras farmacéuticas a los “establecimientos autorizados para realizar importación, exportación y venta al por mayor de medicamentos en general de uso humano”, aclarando en la parte segunda del artículo que se deben cumplir con las buenas prácticas de almacenamiento y distribución determinadas por la autoridad sanitaria nacional, cuya representación y responsabilidad técnica será de avalada por un químico farmacéutico o bioquímico farmacéutico competente.

Reglamento de Buenas Prácticas para Establecimientos Farmacéuticos

Para la aplicación de la Ley Orgánica de Salud Pública según el presente reglamento de las buenas prácticas dentro del Capítulo IV trata el tema de la infraestructura de las áreas o instalaciones para el almacenamiento de los establecimientos relacionados a servicios de farmacia y demás. En el Art. 25 del reglamento se dictamina que estos establecimientos deberán “contar con capacidad suficiente para permitir un adecuado almacenamiento de los productos”, en el inciso (e) del artículo manifiesta el uso de cuartos fríos para productos que requieren para su almacenamiento de condiciones especiales de temperatura y humedad. Estas áreas deberán disponer de equipos controladores

de dichas condiciones, las cuales se verificarán y registrarán de conformidad con el procedimiento determinado.

En el Capítulo V sobre equipos y materiales manifiesta que estos establecimientos deberán disponer según el Art. 28 inciso (a) del reglamento; equipos medidores de temperatura y humedad debidamente calibrados, la verificación de las condiciones de humedad y temperatura se registrarán de conformidad a un procedimiento establecido y validado por el establecimiento. Los equipos empleados para el monitoreo de la temperatura y humedad deben ser revisados y calibrados periódicamente en rutinas de mantenimiento de acuerdo a un programa ya determinado por el establecimiento, donde los resultados se archivarán adecuadamente.

En el art. 39 del Capítulo VII sobre el almacenamiento del producto, se manifiesta que los establecimientos deben “garantizar que los productos sean almacenados según las condiciones de temperatura y humedad detalladas por el fabricante, mismas que deben corresponder a las aprobadas en el proceso de Registro Sanitario o Notificación Sanitaria Obligatoria”. Las condiciones que permiten mantener y asegurar la estabilidad de dichos productos están comprendidas en una temperatura ambiente de máximo 30 grados centígrados y a más menos 2 grados centígrados. En caso de requerir temperatura de refrigeración esta debe estar en- 8 grados centígrados. Cabe recordar que las condiciones de humedad relativa correspondiente a la zona climática IV son: 65 más menos 5%.

2.6. Marco Contextual

A continuación, se presente uno de los factores principales que influyen en la toma de decisión de implementación del presente proyecto, la situación socio económica del país como el entorno de la empresa Tulsí Products S.A.

2.6.1. Índices de inseguridad en el Ecuador

Según Statica (2024) en el Ecuador existe una actual espiral de violencia que se ha ido incrementando desde finales del 2018 con lo cual al presente año 2024 se tiene la tasa de homicidios más grave de la historia del país, con una persona muerta cada 69 minutos a causa de la violencia criminal. La escala de violencia también obedece al contexto de crisis económica que soportó el país en el año 2021, simultáneamente el narcotráfico emergió de manera más evidente siendo también uno de los principales detonantes para la explosión de inseguridad en el país.

Según el boletín técnico del Observatorio Ecuatoriano de Crimen Organizado, perteneciente a la Pan American Development Foundation (PADF) consideran este indicador de homicidios por habitantes es la mejor forma de medir la inseguridad y violencia en un territorio, a lo largo de este documento, se analizaron datos obtenidos por el Ministerio del Interior, la Policía Nacional del Ecuador y la Fiscalía General del Estado sobre los homicidios intencionales ocurridos durante el primer semestre de 2023. Esta información fue estudiada y comparada a años anteriores, el número de habitantes de cada año fueron datos poblacionales proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

A través de esta metodología identificaron la evolución de los homicidios desde 2018, como también la evolución de la tasa de homicidios a nivel nacional en el Ecuador. Según lo reportado por la Policía Nacional, en el año 2023 se registraron 7.592 muertes violentas, lo que se traduce en una tasa de homicidio de más de 40 muertos por cada 100.000 habitantes al año 2023.

Figura 3. Número de homicidios por cada 100k habitantes



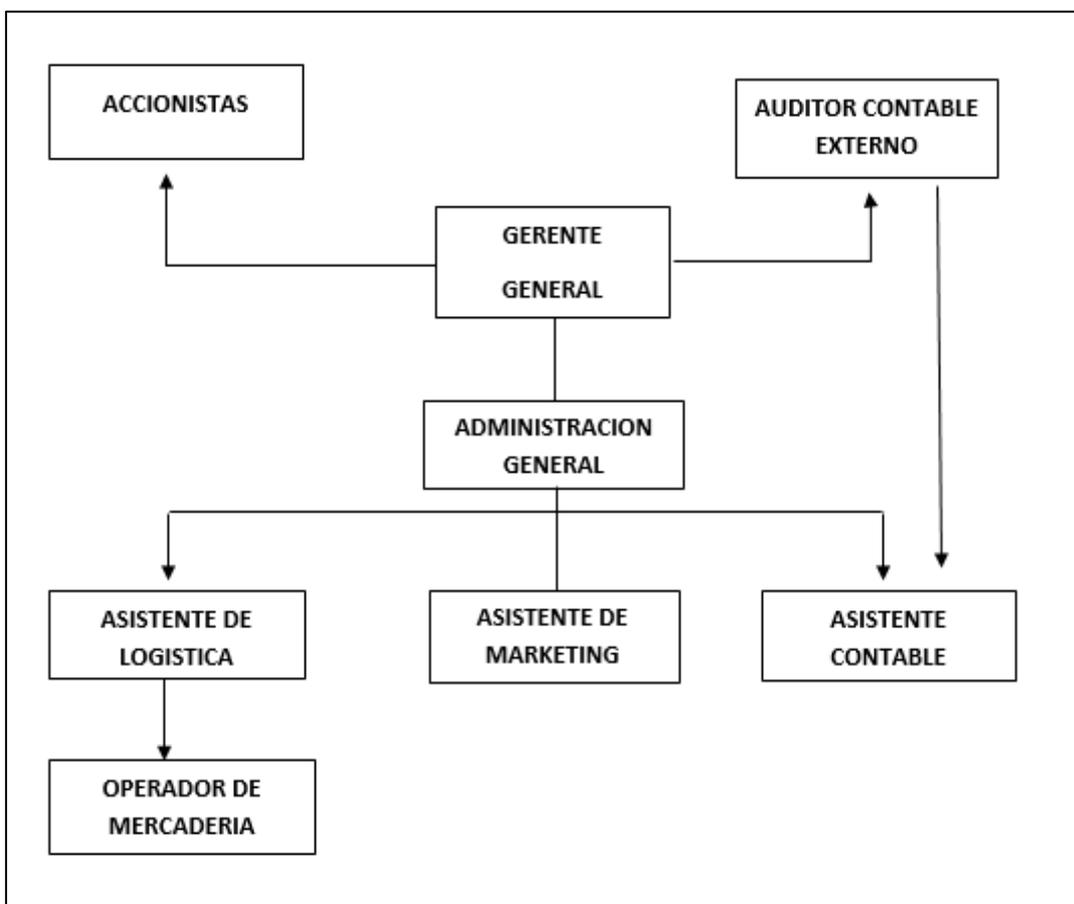
Nota. Ministerio del Interior, Gráfico: Observatorio Ecuatoriano de Crimen Organizado, recuperado de Statics 2024.

2.6.2. Distribuidora Farmacéutica Tulsi Products

La Importadora de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products es una empresa que realiza sus actividades económicas de servicio y venta de productos de carácter farmacéutico para otros comerciales, sean farmacias, hospitales y otros entes pertenecientes o relacionados al sector de la salud. Su ubicación actual es en Ecuador, ciudad de Guayaquil, ciudad que ha incrementado su índice de violencia, inseguridad y problemas con el narcotráfico,

según Angulo Gruezo las entidades farmacéuticas suelen ser objeto de estos grupos delictivos. Se realizó una entrevista al Dr. Carlos Campos y según los datos otorgados por el mismo gerente general, actualmente en su empresa – como se puede apreciar en el organigrama– la empresa no cuenta con personal encargado de la seguridad y control de acceso a áreas de bodegas o la entrada principal, se requeriría de un trabajador capacitado y exclusivo para el manejo de este rol dentro de la empresa.

Figura 4. Distribución de personal administrativo de Tulsi Products



Nota. Adaptado de Campos (2024)

De los datos obtenidos del especialista de seguridad de la empresa, (Ing. Carlos Cabrera, 2024) la empresa cuenta dentro de su arquitectura principal con un servidor HPE con procesador Intel Xeon; 16 gigas de RAM y un Terabyte de

almacenamiento en HDD. Este es un servidor de alto rendimiento ideal para las aplicaciones exigentes, como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la computación en la nube y el análisis de datos, su procesador escalable de alto rendimiento ofrece rendimiento y eficiencia energética. El servidor cuenta con un respaldo RAID, que son una forma de almacenar datos redundantemente en múltiples discos duros, con la finalidad de proteger los datos contra una pérdida en caso de que falle uno o varios discos.

Cabe mencionar que su servidor cuenta con un antivirus que se encuentra de manera virtual dentro del servidor principal, lo que reduce el consumo de recursos del servidor principal. El servidor de antivirus que su única función es albergar la base de datos del antivirus tiene como ventaja en temas de seguridad y eficiencia la reducción del riesgo de un atacante, al contar con una lista negra de correo para el dominio personalizado que ellos poseen @tulsiproducts.com. Esta base de datos de antivirus guarda la información sobre los virus y otros malware conocidos y la utiliza para detectar y eliminar malware del sistema.

El Ing. Cabrera menciona que la empresa cuenta con un sistema de videovigilancia compuesto por cámaras circuito cerrado de televisión (CCTV) para grabar imágenes cercanas a la entrada principal, estas cámaras de vigilancia están conectadas todas hacia a un DVR que almacena las imágenes capturadas por las cámaras de vigilancia en un respaldo de sus últimas dos semanas, lo que permite a la empresa revisar las imágenes en caso de un incidente y a tomar medidas.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de estudio

Este estudio se clasifica como descriptivo, aplicado y exploratorio.

3.1.1. Estudio descriptivo

El análisis descriptivo explica el desempeño de tecnologías en el entorno de las bodegas farmacéuticas. La intención es ilustrar la forma en que operan, los beneficios que ofrecen y los obstáculos que aparecen durante su implementación. Este enfoque expone las interacciones entre las herramientas tecnológicas y el ambiente donde se despliegan.

3.1.2. Estudio Aplicativo

Está centrada en la aplicación práctica de los diálogos para perfeccionar los procesos internos de Tulsi Product. Consiste en diseñar y ejecutar soluciones tecnológicas que cumplan con los requerimientos operativos de la empresa. También consiste en resolver asuntos relacionados con la entrada a zonas restringidas y la supervisión de la temperatura y humedad en las bodegas. Se fundamenta en la evaluación de resultados que ofrece la combinación de LOT y RFID para reforzar la seguridad en las instalaciones y preservar la calidad de los productos.

3.1.3. Estudio Exploratorio

La fase inicial al estudio exploratorio es con el fin de detectar prioridades de la compañía y los retos que enfrentan en seguridad y control ambiental. Este método sirvió para reconocer los factores y Conexiones que no se habían revisado anteriormente. También generó un análisis acerca de la manera en que

las tecnologías IoT y RFID puede incorporarse a las operaciones diarias de la organización, teniendo en cuenta la capacidad de dispositivos, la arquitectura del sistema y medidas de instalación.

3.2. Principales instrumentos y herramientas usadas en el estudio

3.2.1. Recolección de datos

Entrevista: La recolección de datos a través de entrevista es un método utilizado en este estudio. Se diseñó un cuestionario que permitieron captar la percepción y experiencia de los empleados y administradores de la Importadora de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products en relación con los sistemas de control de acceso y monitoreo ambiental existentes.

- **Diseño del cuestionario:** La entrevista incluyó preguntas abiertas lo que permitió recolectar información cualitativa (resultados en anexo).
- ¿Cómo deben gestionarse los accesos a las diferentes áreas restringidas, y qué niveles de privilegios necesitan los usuarios?
- ¿Qué información es necesaria registrar cuando alguien entra o sale de un área restringida?
- ¿Cómo se realiza el monitoreo de temperatura y humedad, y qué mejoras esperarían con un sistema automatizado?
- ¿Qué debe ocurrir cuando una persona solicita acceso a través del timbre?
- ¿Qué tipo de vistas específicas necesitarían los diferentes tipos de usuarios en el portal web?
- ¿Cuántas áreas restringidas consideran integrar al sistema en el futuro?

- ¿Qué tan importante es la velocidad de respuesta del sistema y la disponibilidad continua del mismo?

- **Áreas evaluadas:**

Requisitos funcionales: Se enfocaron en aspectos operativos como la facilidad de uso del sistema, la fiabilidad en la recolección y transmisión de datos, y la eficacia en la seguridad proporcionada por los dispositivos RFID y los sensores de temperatura y humedad.

Requisitos Funcionales	
	1. Regular el control de acceso según privilegios utilizando credenciales RFID.
	2. Registrar entradas y salidas con timestamp para control de flujo del personal.
	3. Registrar automáticamente los niveles de temperatura y humedad en las bodegas.
	4. Capturar fotos de visitantes al momento de solicitar acceso y registrarlas en el sistema.
	5. Proveer un portal web con vistas segregadas según roles y permisos para usuarios específicos.
	6. Permitir la gestión de tarjetas RFID, usuarios, roles y permisos desde el portal web.
	7. Mostrar registros históricos de entradas/salidas, niveles de temperatura y humedad, y fotos tomadas durante los accesos en el portal web.

Requisitos no funcionales: La entrevista también abordaron aspectos como la escalabilidad del sistema, la capacidad de adaptación a futuros cambios, y la percepción de seguridad y privacidad de los datos gestionados por los sistemas.

Requisitos no Funcionales	
	1. Escalabilidad para integrar nuevas áreas restringidas en el futuro.
	2. Seguridad en la transmisión y almacenamiento de datos, incluyendo cifrado de credenciales y registros.
	3. Disponibilidad del sistema 24/7 para garantizar la continuidad operativa.
	4. Interfaz de usuario intuitiva para el portal web que facilite el acceso y la navegación para usuarios no técnicos.
	5. Compatibilidad con credenciales RFID existentes para minimizar costos adicionales.
	6. Almacenamiento eficiente para grandes volúmenes de registros históricos de accesos y mediciones ambientales.
	7. Respuesta rápida del sistema (<3 segundos) para validar accesos y registrar eventos en tiempo real.

3.2.2. Observación directa

La observación directa fue otro de los instrumentos en este estudio. Esta técnica permitió la recolección de datos en tiempo real sobre el funcionamiento de los sistemas y las interacciones de los usuarios con los mismos.

- **Áreas observadas:**

- **Eficiencia del sistema:** Se evaluó la rapidez y precisión con la que los dispositivos RFID autorizaban el acceso y cómo los sensores monitoreaban y registraban las condiciones ambientales en las bodegas.
- **Comportamiento del usuario:** La observación directa se enfocó en el comportamiento del usuario, como su facilidad o dificultad para utilizar los sistemas, su reacción ante fallos o errores, y la manera en que seguían los protocolos de seguridad.
- **Ventajas de la observación directa:** Esta metodología proporcionó una comprensión profunda del entorno real de trabajo y permitió identificar problemas potenciales que no habrían sido evidentes a través de otros métodos de recolección de datos.

- **Diseño del formulario:**

El formulario para la observación directa involucró aspectos detallados luego de la entrevista. (resultados en Anexo)

Método de control de accesos (Marca las opciones que correspondan):

- Llaves físicas
- Tarjetas magnéticas/RFID
- Códigos o contraseñas
- Registro manual (libreta, planilla, etc.)
- Otro (especificar): _____

Seguridad del acceso

- ¿Existen registros de quién entra y sale? Sí / No / A veces

- ¿Es posible que alguien sin autorización ingrese? Sí / No / No se sabe
- ¿Los accesos están supervisados por un encargado? Sí / No / A veces
- Observaciones sobre problemas detectados:

Registro de temperatura y humedad actual

- ¿Se mide actualmente la temperatura y la humedad en la bodega? Sí / No
- Si se mide, ¿con qué instrumento? _____
- Método de medición: Manual / Automática / No se realiza
- ¿Se registran los datos en algún sistema o documento? Sí / No
- ¿Se han identificado problemas por temperatura o humedad inadecuadas? Sí / No
 - En caso de Sí, describir:

Registro de fallas en el sistema actual

- ¿Se han perdido objetos por accesos no controlados? Sí / No / No se sabe
- ¿Se han reportado fallas en la supervisión del acceso? Sí / No / No se sabe
- ¿Se han detectado condiciones inadecuadas de temperatura o humedad que afecten productos? Sí / No / No se sabe
 - Observaciones generales sobre problemas detectados:

3.2.3. Revisión documental

La revisión documental consistió en el análisis de documentos relevantes relacionados con la operación de la empresa y los estándares de seguridad y control de calidad exigidos por las normativas nacionales e internacionales.

- **Documentos analizados:**

Reglamentos y normativas: Se revisaron leyes y reglamentos aplicables a la distribución y almacenamiento de productos farmacéuticos en el país, relacionados con las buenas prácticas de almacenamiento y la seguridad en las instalaciones.

Documentación técnica: Incluyó manuales de usuario, especificaciones técnicas de los dispositivos utilizados (como los sensores AHT10 y las tarjetas RFID), y guías de instalación y mantenimiento de los sistemas.

Registros históricos: Se analizaron registros históricos de la empresa, como informes de auditoría, registros de temperatura y humedad anteriores, y reportes de incidentes de seguridad.

- **Propósito de la revisión documental:** proporcionó un contexto para la implementación del sistema, permitiendo al equipo asegurarse de que la solución propuesta cumpliera con las normativas aplicables y estuviera alineada con las prácticas de la industria.

3.3. Análisis comparativo.

El análisis comparativo es un componente crucial de esta investigación, ya que permite evaluar la efectividad de los dispositivos seleccionados en comparación con otras opciones disponibles en el mercado. A través de este análisis, se justifica la elección de los sensores AHT10 y las tarjetas RFID,

asegurando que sean las más adecuadas para las necesidades específicas de la empresa.

3.3.1. Definición de análisis comparativo

El análisis comparativo es una metodología utilizada para evaluar y contrastar opciones, tecnologías o métodos, con el fin de identificar cuál ofrece mejores características y se adapta a los requisitos específicos de un proyecto, con el objetivo de seleccionar las tecnologías más adecuadas para la Importadora de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products.

Relevancia del Análisis Comparativo en el Estudio:

- **Selección Basada en Evidencia:** El análisis comparativo permite tomar decisiones informadas al comparar características técnicas, costos, y beneficios de diferentes dispositivos.
- **Optimización de Recursos:** Ayuda a asegurar que los recursos de la empresa se utilicen de manera eficiente, seleccionando las tecnologías que ofrecen la mejor relación costo-beneficio.

3.3.2. Descripción del proceso del análisis comparativo en el estudio

El análisis comparativo se llevó a cabo mediante un proceso sistemático que involucró las siguientes etapas:

1. Identificación de Criterios de Comparación:

- **Exactitud y Precisión:** Se evaluaron los sensores según su capacidad para medir con precisión la humedad y la temperatura dentro de los rangos requeridos para la conservación de productos farmacéuticos.

- **Costos:** Se compararon los costos iniciales de adquisición y los costos a largo plazo, incluyendo el mantenimiento y la calibración.
- **Fiabilidad y Durabilidad:** Se analizaron las tasas de fallo y la durabilidad de los dispositivos en entornos de almacenamiento farmacéutico.
- **Compatibilidad:** La compatibilidad con el sistema de gestión existente de la empresa fue otro criterio clave, asegurando una fácil integración.

2. Comparación de Sensores:

- **Selección de Sensores para Comparar:** Se seleccionaron varios sensores de humedad y temperatura, incluidos los sensores AHT10, DHT22, y SHT31.
- **Evaluación Técnica:** Cada sensor fue evaluado según los criterios previamente identificados, utilizando tanto especificaciones técnicas del fabricante como pruebas empíricas realizadas durante la fase de diseño.

Tabla 6. Comparativa de Sensores

Criterio	AHT10	DHT22	SHT31
Rango de Humedad (%)	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%
Precisión de Humedad	±2%	±5%	±2%
Rango de Temperatura	-40°C a 85°C	-40°C a 80°C	-40°C a 90°C
Precisión de Temperatura	±0.3°C	±0.5°C	±0.3°C
Costo Aproximado (USD)	8	10	15
Durabilidad	Alta	Media	Alta
Compatibilidad	Alta (I2C)	Media (1-Wire)	Alta (I2C)

Nota. Elaboración propia

3. Resultados del análisis:

- **AHT10** fue seleccionado debido a su alta precisión tanto en la medición de humedad como de temperatura, su rango adecuado para el entorno de la empresa, y su costo competitivo.
- **DHT22**, aunque es un sensor ampliamente utilizado, fue descartado por su menor precisión y durabilidad en comparación con el AHT10.
- **SHT31** fue considerado una opción robusta, pero su costo más alto no justificó una ventaja significativa en precisión sobre el AHT10.

3.3.3. Desarrollo del análisis comparativo

El desarrollo del análisis comparativo incluyó los siguientes pasos:

1. **Pruebas empíricas:** Se realizaron pruebas en condiciones controladas dentro de la bodega para verificar la precisión y la fiabilidad de los sensores.
2. **Análisis de Costo-Beneficio:** Se llevó a cabo un análisis detallado de costo-beneficio para cada sensor, considerando tanto los costos de adquisición como los costos de operación a largo plazo.
3. **Implementación de los resultados:** Basado en los resultados del análisis comparativo, se procedió a la adquisición e instalación de los sensores AHT10 en las bodegas de la empresa.
4. **Interpretación de resultados:** El análisis comparativo demostró que la elección del AHT10 no solo era técnicamente sólida, sino también económicamente justificable.

3.4. Metodología de la implementación

En este punto se describirán los diferentes pasos y procesos que se llevaron a cabo en la implementación del presente proyecto, la metodología de este documento nos ha ayudado a esquematizar de manera precisa las fases efectuadas y sus debidos resultados.

3.4.1. Fase de Análisis

En esta primera fase del proyecto de implementación de sistemas para control de accesos; y tecnologías de medición de humedad y temperatura, con enfoque en las IoT dentro de la distribuidora farmacéutica Tulsi Products SA, se recopiló información sobre el sistema y proyecto. Así mismo se buscó toda información referente sobre a los objetivos que se pretende alcanzar con esta implementación. La información obtenida a partir de la revisión documental se

utilizó para trazar un plan de la implementación ajustado a las necesidades y recursos existentes de la empresa Tulsí Products SA, en el cual se garantice la seguridad y la optimización de procesos, con una reducción de costes en el mediano plazo por medio de la mejora en eficiencia.

3.4.2. Fase de Diseño

La segunda fase del proyecto es la de diseño en la cual se incluye los requisitos de la empresa solicitante del servicio de implementación a realizar, se especificó los requerimientos principales a la parte involucrada del proyecto, los cuales son los siguientes;

Tabla 7. Requisitos funcionales y no funcionales del sistema

ELEMENTOS	REQUISITOS FUNCIONALES	REQUISITOS NO FUNCIONALES
Microprocesador Raspberry Pi	Procesador Broadcom BCM2835 ARM1176JZ-F 700 MHz.	Debe ser fiable y no debe fallar a menudo.
	Memoria 256 MB de SDRAM.	Estar disponible para los usuarios 24/7.
	Almacenamiento por tarjeta microSD.	Debe proteger los datos de los usuarios.
	Conexión Ethernet.	Ser fácil de mantener y actualizar.
Tarjetas RFID	Frecuencia a 125 kHz. Tecnología pasiva, batería interna.	Debe poder leerse de forma fiable aun en condiciones adversas.
	Alcance de lectura 10-15 cm.	Deben leerse a distancia.
Lector RFID	Alcance de lectura	Debe ser compatible con las tarjetas RFID utilizada. Ser fiable y no fallar con frecuencia.

Sensores AHT10	Protocolo I2C	Precisión en sus datos.
	Tipo sensor de temperatura y humedad.	Intervalo de medición de (poner el tiempo)
RaspiCam	Resolución 5 megapíxeles	Imágenes de calidad.
	Formato JPEG	Velocidad de fotogramas
	Velocidad de fotogramas de 30 fps	media. Resolución aceptable.

Nota. Elaboración propia

En este ambiente se utilizará la RaspiCam para identificar a las personas que acceden a la distribuidora farmacéutica, el lector RFID con las tarjetas RFID para verificar que las personas tienen autorización para acceder a las bodegas; por último, los sensores AHT10 para registrar la temperatura, la humedad de las bodegas.

Diseño arquitectónico: se puede dividir en dos capas una mejor comprensión de los componentes y sus diversas interacciones:

Tabla 8. Interacción de esquemas por capa

CAPAS	ESQUEMA	INTERACCIÓN
Hardware	Entrada. - Tarjetas y lectores RFID. - Sensores AHT10.	- Los lectores RFID se comunican por USB con el microprocesador. - Las tarjetas son identificadas por medio de su código de radiofrecuencia. - El microprocesador Rapsberry Pi identifica el código único de la tarjeta por medio del lector RFID.
	Procesamiento. - Raspberry pi. 2B ARM Cortex-A7 (2 unidades) (para uso	- El microprocesador Raspberry Pi recopila los datos de la humedad y temperatura a través del sensor AHT10, se comunican por medio del Protocolo I ² C.

		del lector RFID y el Lector AHT10)	
	Entrada.		- Al tocar el timbre de la puerta principal se acciona el botón pulsador que envía un pulso eléctrico a la Raspberry Pi.
	RaspiCam V1.3. Botón pulsador de 5 voltios.		- La Raspberry Pi al recibir la información toma una foto por medio de la RaspiCam, la decisión será en consecuencia a una orden instalada del programa en la Raspberry Pi.
	Procesamiento.		- La foto será guardada en la memoria de la Raspberry Pi.
	- Raspberry pi 4B ARM Cortex-A72		- La Raspberry será configurada para que el servidor de la empresa pueda conectarse a la misma.
			- El software Apache brindara la configuración web necesaria del servidor, para que los usuarios y los operadores puedan hacer uso de las funciones del sistema.
	Sistema.		- En la base de datos MySQL se almacenan los datos de los usuarios, mediciones del ambiente, registro de entradas/salidas.
	- Apache.		- El software Samba configura en el lado del servidor las carpetas del dispositivo Linux a las que quieran acceder clientes o usuarios de Windows.
	- MySQL.		- El sistema operativo Raspbian proporcionará las funciones básicas a la Raspberry Pi; control de la memoria, procesador y el almacenamiento.
Software	- Samba.		
	Apoyo.		Por medio de PuTTY se establecería una conexión remota a la Raspberry, se

- PuTTY, ProFTPd,	realizarán configuraciones y se utilizará para cargar los programas en la Raspberry Pi
Raspbian, raspi-config.	raspi-config, herramienta para habilitar el puerto de la Raspberry Pi para la RaspiCam.

Nota. Elaboración propia

3.4.3. Fase de Desarrollo

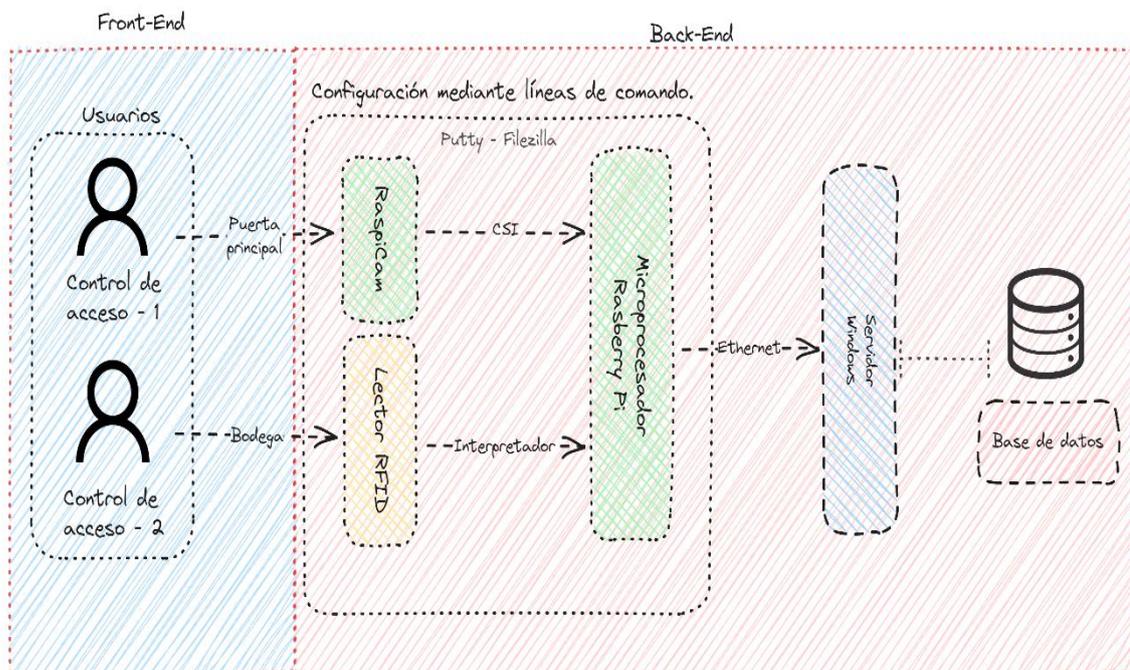
En esta fase se ha centrado en la creación del ambiente, en concordancia con la fase de planeación y análisis; se ha evidenciado los siguientes detalles a considerar, con la finalidad del funcionamiento del sistema implementado.

Fase Implementación:

- Instalación del hardware y configuraciones con los sistemas:
 - RaspiCam en la puerta principal donde se requiere el control de acceso 1.
- RaspiCam está conectada a la rapsberry pi por medio de un puerto CSI.
- El sistema operativo Raspian basado en la versión de Linux, Bullseye.
- Las configuraciones serán por la línea de comando, no tiene interfaz gráfica.
- PuTTY complementará la parte grafica porque el rapsberry no tiene monitor para las configuraciones de Samba y localización de errores.
- El modo de comunicación entre los componentes será por flex un cableado a un puerto especifico.
 - Lectores en las puertas de las bodegas donde se requiere el control de acceso 2 y tarjetas de RFID para autorización del personal.
- Sensores de lectura de 125 KHz.

- Conexión a microprocesador Rapsberry pi.
- Conexión a un housing elevado para dificultar el acceso de personal no autorizado.
- Conectado a los sensores RFID por los puertos USB (Universal Serial Bus) del microcontrolador Raspberry.
- El microcontrolador recibe las señales y las enviará por medio de un script SQL para agregar a la base de dato central.
- EL canal de conexión entre la Raspberry Pi y el servidor Windows donde se encuentra alojada la base de datos es pormedio de Ethernet
- El microcontrolador por medio de esa conexión le envía los datos recopilados de temperatura humedad y del lector de RFID

Figura 5. Interacción entre módulos de Front-End y Back-End



Nota. Elaboración propia

Figura 6. Estructura Modelo OSI



Nota. Elaboración propia

- No se configura una conexión inalámbrica entre los dispositivos para evitar posibles bloqueos de señal malintencionados.
- Microcontrolador instalado con el sistema de Raspbian
- Página web diseñada en HTML y PHP, este portal administrativo funcionará como centro de visualización para evaluar los niveles de temperatura, humedad y registros de entrada/salida.

- Por medio de la configuración del servidor Apache, los colaboradores podrán acceder al sitio web.
- Dashboard con los registros de entrada y salida de bodegas.
- Base de datos de MySQL se ejecuta script con sentencias SQL para crear el modelo entidad relación de la solución propuesta.
 - o Sensores AHT10 donde se requiere el monitoreo de ambiente (temperatura y humedad)
 - Sensor de temperatura y humedad AHT10 por medio de pines GPIO
 - Se configurará la base de datos de las mediciones en MySQL.
 - Dashboard con las mediciones de temperatura y humedad.
 - Se utilizará Apache como un servidor web.
 - Configuración de puertos, IP, etc.
 - Instalación de un housing para los componentes eléctricos, en un segmento elevado para que no sea de fácil acceso a un usuario común.

3.4.4. Fase de Implementación Final y Resultados

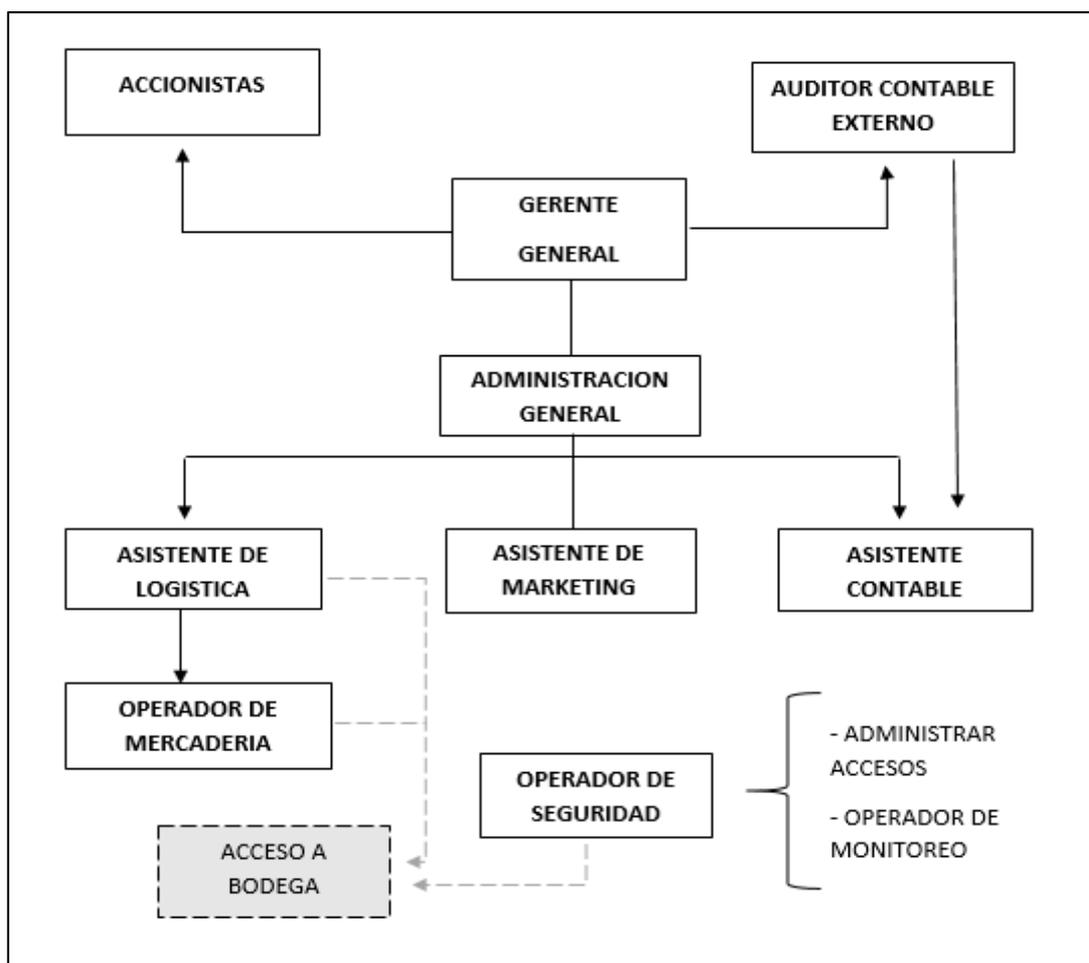
Procesos anteriores

Anteriormente no se llevaba registro de entrada y salida del personal en las bodegas, así como de los visitantes ocasionales a la oficina.

La medición de temperatura y humedad la obtenían por medio de un higrómetro digital y el registro lo llevaban en formularios manuales.

No existía personal adicional para llevar los controles, quien estaba encargado del inventario en bodegas también se encargaba de sus condiciones de almacenaje

Figura 7. Detalle de estructura y procesos anteriores



Nota. Elaboración propia

CAPITULO IV

4. LA PROPUESTA

4.1. Título de la Propuesta

Implementación de un Sistema Integrado de Control de Accesos y Monitoreo Ambiental Basado en IoT y RFID para la Mejora de la Seguridad y la Gestión en la Importadora de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products

4.2. Justificación de la Propuesta

La Importadora de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products enfrenta desafíos en el control de accesos y al mantenimiento de condiciones ambientales en sus bodegas de almacenamiento.

En la actualidad, la empresa opera con sistemas manuales y desorganizados para gestionar la entrada y salida de personal en áreas sensibles, lo que incrementa la posibilidad de errores y reduce la eficiencia operativa.

El proyecto justifica la necesidad de una solución tecnológica que integre el control de accesos y el monitoreo ambiental mediante tecnologías IoT y RFID. Estas herramientas permiten una gestión precisa y automatizada, asegurando que el personal autorizado acceda a las zonas críticas y que las condiciones ambientales sean las adecuadas para la conservación de los productos farmacéuticos.

Entonces, la automatización de estos procesos no solo aporta al fortalecimiento de la seguridad, sino que también reduce costos a largo plazo mediante la optimización de recursos, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa y un ambiente laboral más confiable.

4.3. Objetivos de la Propuesta

Objetivo General

Implementar un sistema de gestión y control de acceso físico por medio de tarjetas RFID pasivo y control de humedad a través de la aplicación de sensores IOT para la empresa Importadora de Medicina Tulsi Products

Objetivo Específicos

- Identificar y seleccionar los dispositivos IOT para gestión de seguridad y medición de humedad para el dimensionamiento de la solución propuesta.
- Diseñar la arquitectura física y digital del sistema para el control de accesos y registro de niveles de temperatura y humedad.
- Implementar módulo de gestión para la asignación, actualización y eliminación de identidades de accesos.

4.4. Desarrollo de la Propuesta

4.4.1. Diseño de la arquitectura física y digital

- **Diseño Físico**

El diseño físico del sistema abarca la disposición estratégica de los dispositivos y la infraestructura para asegurar un funcionamiento óptimo (ver Anexo).

- **Ubicación de los Lectores RFID:**

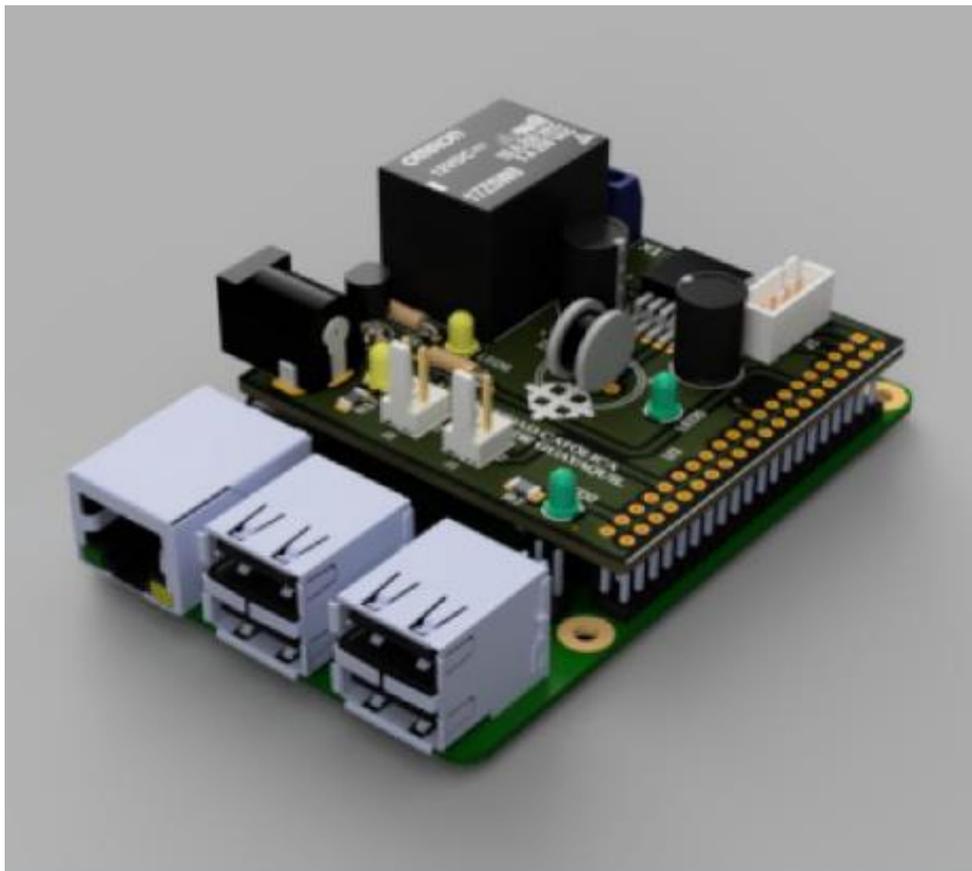
Los lectores se ubicarán en las entradas principales que conducen a las zonas más sensibles, por ejemplo, en las bodegas de almacenamientos y en áreas con acceso limitado. Estos equipos se

enlazan en el sistema principal para autenticar la identidad del personal mediante tarjetas RFID.

- **Raspberry Pi y Hardware de Control:**

El microcontrolador Raspberry Pi se ubicará en una zona centralizada y segura dentro de las instalaciones, donde se conectará con los lectores RFID y sensores ambientales. Este dispositivo actuará como el cerebro del sistema, gestionando tanto el control de accesos como el monitoreo ambiental. Se montará en un gabinete protector junto a otros elementos electrónicos para reducir el riesgo de daños y garantizar un acceso fácil para el mantenimiento.

Figura 8. Modelado 3D de Raspberry Pi



Nota. *Elaboración propia*

- **Planificación del Cableado y distribución de energía:**

El cableado se organizará de manera que minimice la exposición y el riesgo de cortes o interferencias. Los cables se enrutarán a través de conduits o canaletas, asegurando que sigan un recorrido desde los sensores y lectores hasta el control central (Raspberry Pi).

- **Diseño digital**

El diseño digital del sistema aborda cómo los datos se recopilan, procesan y almacenan para su posterior análisis y toma de decisiones.

- **Diseño del flujo de datos entre los dispositivos y la base de datos**

Centralizada: La información recolectada por los lectores y los accesorios de humedad y temperatura se canaliza hacia la Raspberry. Se procesa y se remite una base de datos compartida.

- **Configuración de la comunicación entre los sensores y la**

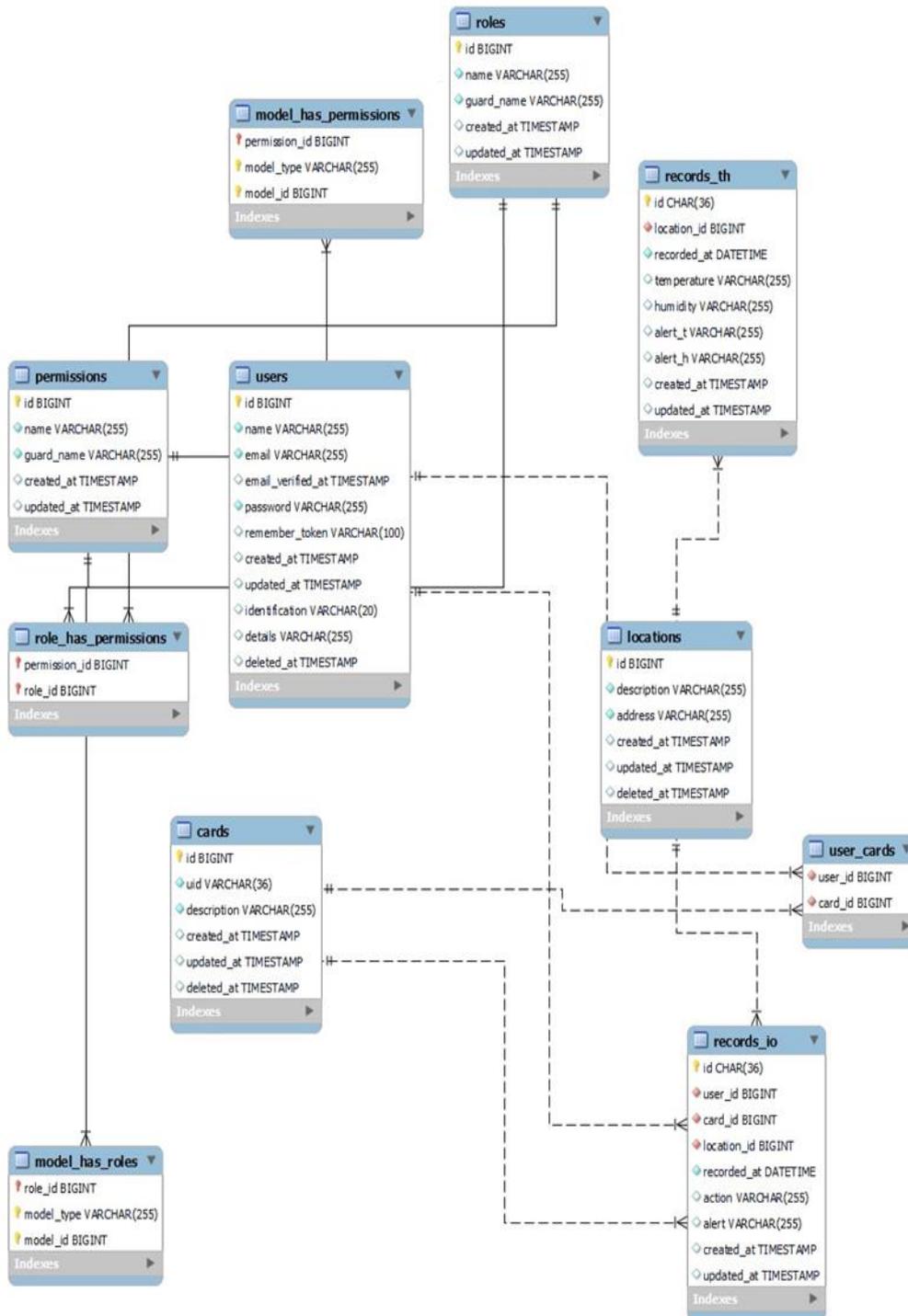
Raspberry Pi: La comunicación entre los sensores AHT10 y la Raspberry Pi se establecerá mediante el protocolo I2C, con una transmisión rápida y estable de los datos ambientales. En cuanto a los lectores RFID, la conexión se realizará mediante puertos USB, permitiendo que el microcontrolador reciba la información en tiempo real y verifique las credenciales de los usuarios.

- **Gestión de los datos en la nube o servidor local:**

Dependiendo de los requisitos de seguridad y disponibilidad, los datos procesados por la Raspberry Pi podrán almacenarse en un servidor local dentro de la empresa o enviarse a una solución en la nube para facilitar el acceso remoto.

- **Estructura de la base de datos para almacenar los registros de acceso y los parámetros ambientales:** La base de datos se diseñará en MySQL, con tablas dedicadas para almacenar los registros de acceso, perfiles de usuarios, y mediciones ambientales (temperatura y humedad). Cada registro de acceso incluirá detalles como el ID del usuario, hora de entrada/salida, y ubicación del acceso.

Figura 9. Estructura y relación de la base de datos



Fuente. Elaboración propia

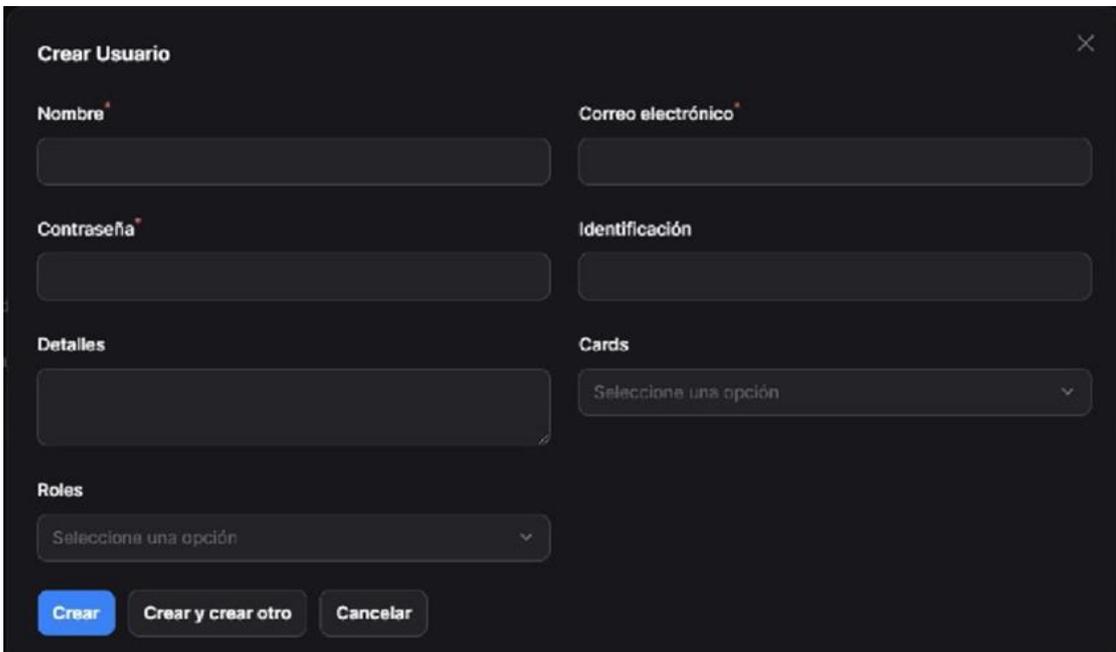
Desarrollo del módulo de gestión de accesos y control ambiental

Implementación del software para la gestión de usuarios y accesos:

El módulo de gestión de accesos se centra en la creación de un sistema que permita administrar de manera eficiente los perfiles de los usuarios y sus permisos de acceso a las diferentes áreas de la empresa mediante el uso de tarjetas RFID. Este módulo incluye las siguientes funcionalidades:

- **Creación y gestión de perfiles de usuario:** Se desarrollará una interfaz para registrar y actualizar perfiles de usuarios. Los perfiles estarán categorizados según su nivel de acceso, permitiendo definir roles específicos como administrador, supervisor y usuario básico.

Figura 10. Creación y gestión de perfiles de usuario

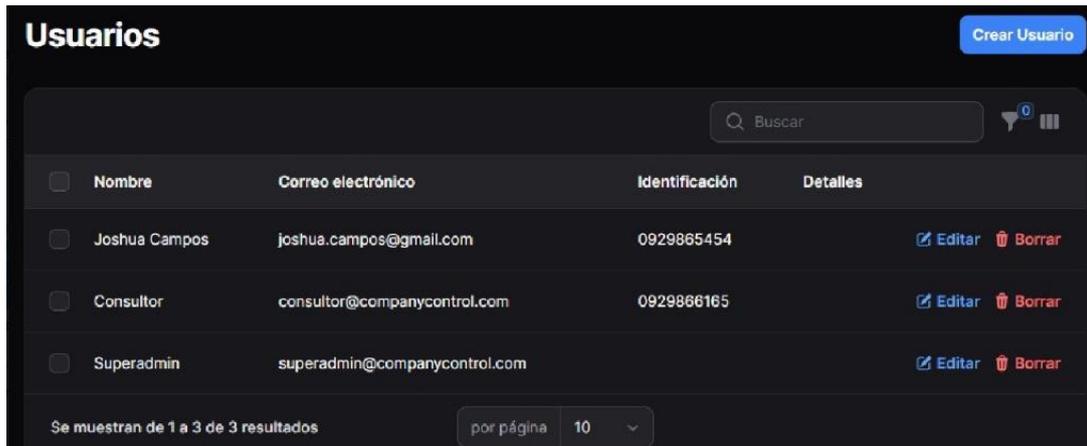


El formulario 'Crear Usuario' presenta los siguientes campos y elementos:

- Nombre:** Campo de texto obligatorio.
- Correo electrónico:** Campo de texto obligatorio.
- Contraseña:** Campo de texto obligatorio.
- Identificación:** Campo de texto.
- Detalles:** Campo de texto con un icono de ayuda.
- Cards:** Selector de opciones con el texto 'Seleccione una opción'.
- Roles:** Selector de opciones con el texto 'Seleccione una opción'.
- Botones:** 'Crear' (destacado en azul), 'Crear y crear otro' y 'Cancelar'.

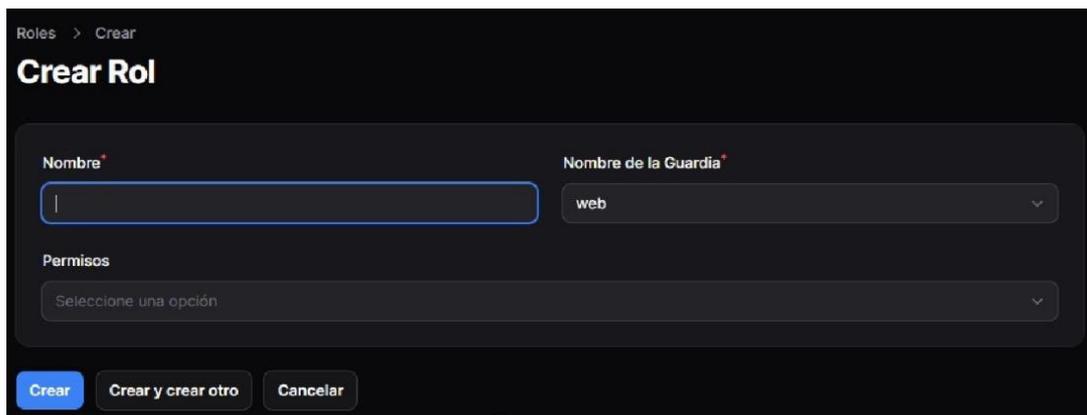
Nota. Elaboración propia

Figura 11. Vista lista de usuarios



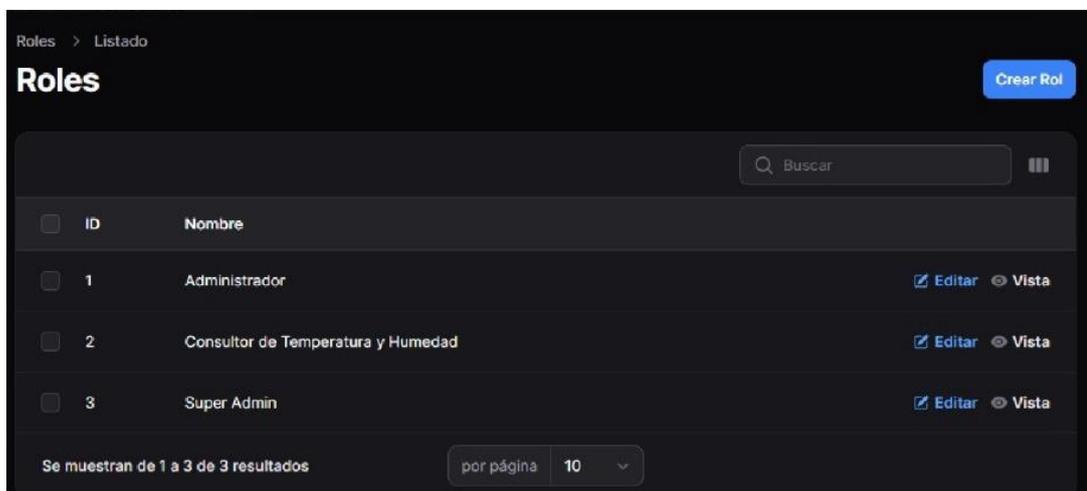
Nota. Elaboración propia

Figura 12. Creación de rol



Nota. Elaboración propia

Figura 13. Vista lista de roles



Nota. Elaboración propia

- **Asignación de permisos y control de accesos:**

El sistema permitirá definir y modificar los permisos de acceso para cada usuario. Por ejemplo, ciertos perfiles podrán acceder únicamente a las áreas generales, mientras que otros tendrán permisos para ingresar a zonas críticas como las bodegas de almacenamiento.

Figura 14. Creación de permisos



Permisos > Crear

Crear Permiso

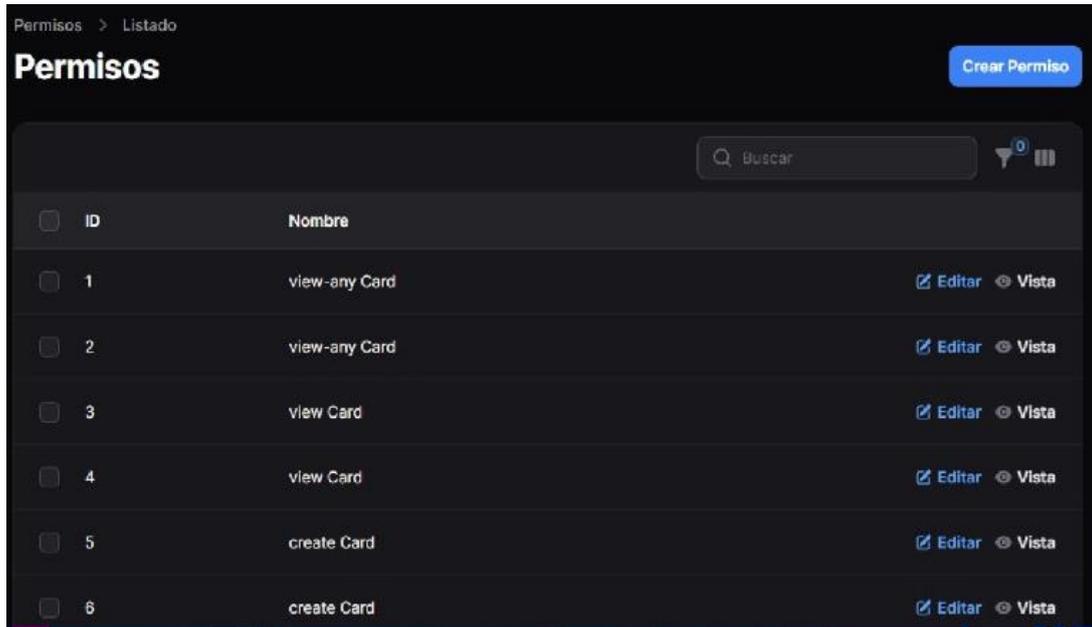
Nombre*

Nombre de la Guardia*

Roles

Nota. Elaboración propia

Figura 15. Vista lista de permisos

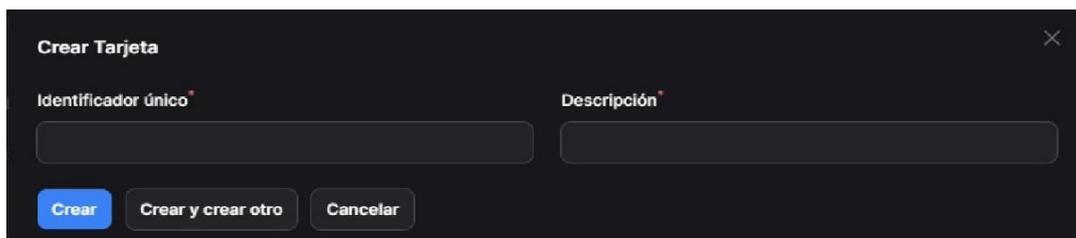


Fuente. (elaboración propia)

- **Gestión de identidades mediante RFID:**

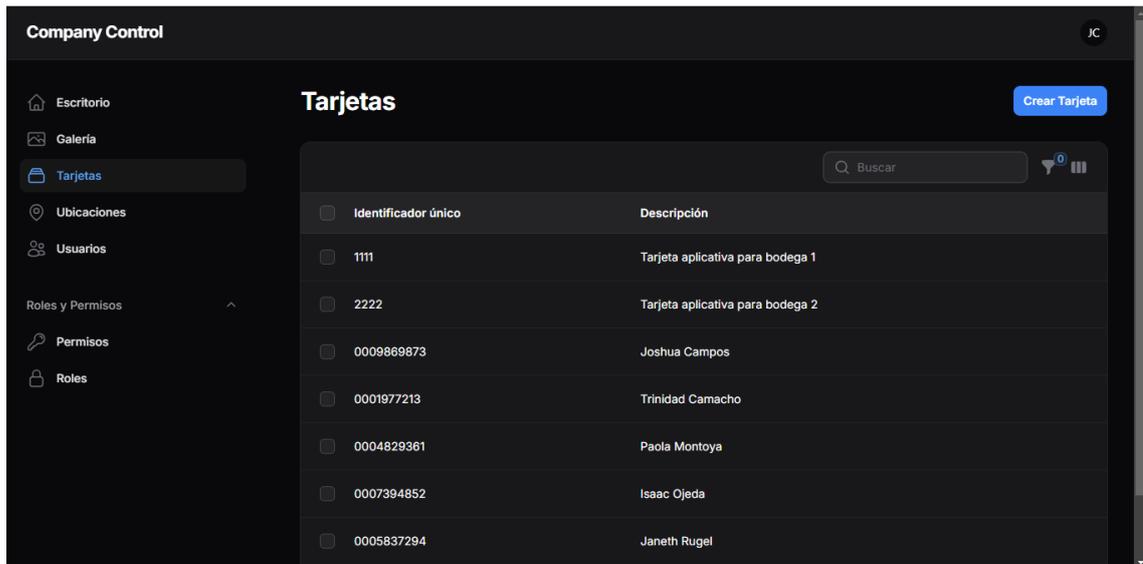
La identificación de los usuarios se realizará mediante tarjetas RFID. Al acercar la tarjeta al lector, el sistema verificará si el usuario tiene los permisos adecuados para ingresar a la zona específica. En caso de acceso permitido, se registrará la hora de entrada o salida, y el sistema actualizará la base de datos con el evento registrado. En caso de intento de acceso no autorizado, se generará una alerta automática.

Figura 16. Creación de tarjeta



Fuente. Elaboración propia

Figura 17. Vista lista de tarjetas



Fuente. (elaboración propia)

4.4.2. Desarrollo de interfaces web para la visualización de datos:

El sistema contará con un portal web intuitivo para facilitar la visualización y gestión de la información en tiempo real. Este portal estará dividido en dos secciones principales:

- **Panel de control de accesos:**

En esta sección se mostrarán los registros de entrada y salida de los usuarios, indicando la hora, el área de acceso, y el ID del usuario. Además, se podrán generar informes personalizados para analizar patrones de acceso o detectar posibles irregularidades. La interfaz permitirá a los administradores filtrar los registros por fechas, usuarios específicos, o zonas de acceso, facilitando la supervisión y el análisis.

Figura 18. Registro de entrada y salida

Usuario	Tarjeta	Ubicación	Fecha de registro	Acción
Paola Montoya	Paola Montoya	Bodega 2	ene. 31, 2025 16:53:09	apertura
Trinidad Camacho	Trinidad Camacho	Bodega 1	ene. 29, 2025 15:47:55	apertura
Paola Montoya	Paola Montoya	Bodega 1	ene. 25, 2025 17:47:40	apertura
Paola Montoya	Paola Montoya	Bodega 1	ene. 25, 2025 17:47:20	apertura
	Tarjeta aplicativa para bodega 1	Bodega 1	ene. 25, 2025 16:17:21	
Paola Montoya	Paola Montoya	Bodega 1	ene. 25, 2025 16:16:56	apertura
	Tarjeta aplicativa para bodega 2	Bodega 2	ene. 25, 2025 16:15:03	

Fuente. Elaboración propia

- **Monitoreo de condiciones ambientales:**

La segunda sección del portal estará dedicada al monitoreo de la temperatura y humedad en las bodegas. Se mostrará un gráfico en tiempo real con las mediciones recogidas por los sensores AHT10, permitiendo a los responsables observar cualquier fluctuación fuera de los parámetros establecidos.

Figura 19. Vista registros de temperatura y humedad

Ubicación	Fecha de registro	Temperatura	Humedad	Alerta de temperatura	Alerta de humedad
Bodega 2	feb. 2, 2025 11:01:53	28.10 C	59.48 %	0	0
Bodega 2	feb. 2, 2025 10:31:29	28.05 C	59.92 %	0	0
Bodega 1	feb. 2, 2025 09:57:19	28.97 C	61.00 %	0	0
Bodega 2	feb. 2, 2025 09:49:49	28.00 C	59.98 %	0	0
Bodega 2	feb. 2, 2025 09:08:08	27.97 C	60.11 %	0	0
Bodega 2	feb. 2, 2025 08:26:28	27.92 C	60.74 %	0	0
Bodega 2	feb. 2, 2025 07:44:48	27.90 C	60.13 %	0	0

Fuente. Elaboración propia

4.4.3. Implementación de un sistema de registro automático:

El sistema incluirá una funcionalidad de registro de acciones automático para posterior monitoreo a cargo de los responsables sobre eventos críticos, tales como:

- **Condiciones ambientales fuera de los parámetros establecidos:**

Los sensores AHT10 estarán configurados para enviar alertas automáticas si la temperatura o la humedad en las bodegas se desvían de los rangos predefinidos. Estas alertas permitirán a los encargados tomar medidas correctivas inmediatas para preservar la integridad de los productos farmacéuticos almacenados.

- **Apertura de accesos fuera de horarios, intento de accesos a personal restringido:**

Todas las alertas generadas se almacenarán en la base de datos para su posterior análisis. Los administradores podrán revisar los eventos pasados, generar informes, y realizar un seguimiento de las acciones tomadas para solucionar los problemas detectados.

5. CONCLUSIONES

Fue crucial la identificación oportuna del recurso tecnológico con el que se contara de base en la empresa. Sin ello no se hubiera dado una selección oportuna de los equipos de hardware y formatos o protocolos a emplear en el diseño de esta solución.

El diseño e implementación del sistema IoT en Importadora de Medicina y Asociados S.A. Tulsi Products ha optimizado significativamente el control de accesos y la seguridad. La verificación de identidad por medio de tarjetas RFID no solo redujo el riesgo de accesos no autorizados, sino que también permitió un seguimiento preciso de los ingresos a las bodegas.

Este avance contribuye directamente a reforzar la protección de los recursos de la empresa y a una trazabilidad de los empleados. Por otro lado, la integración de sensores AHT10 para monitoreo de temperatura y humedad en las bodegas ha mejorado la gestión ambiental de estos espacios.

El concepto modular implementado en el sistema también representa una ventaja significativa para la empresa. Su componente web también es una herramienta de control de accesos por medio de segregación de roles y permisos. Asegurando en este proyecto cada módulo será visto por usuarios con autorización adecuada.

Finalmente, el cumplimiento de las normativas establecidas por la Ley Orgánica de Salud Pública y el Reglamento de Buenas Prácticas para Establecimientos Farmacéuticos asegura que el sistema no solo fortalezca la seguridad interna, sino también la conformidad legal de la empresa.

6. RECOMENDACIONES

Se sugiere programar un plan de mantenimiento regular tanto para los componentes físicos como para el software. Es importante revisar los cables, los puertos y las configuraciones de manera rutinaria. Se recomienda considerar la instalación de más sensores en áreas sensibles, permitiendo un mejor análisis de las condiciones ambientales y un control preciso.

El personal ya recibió información del uso del sistema, pero conviene dar capacitaciones periódicas para conservar los conocimientos. Se puede organizar reuniones o talleres en caso de actualizaciones de la plataforma.

El seguimiento del desempeño del sistema va a facilitar la detección de oportunidades que puede mejorar y ayuda a la adaptación de los parámetros a la condición de la organización. Se sugiere evaluar la vinculación del sistema con otros módulos, como gestión de inventarios o supervisión de calidad, con el fin de contar con un entorno más unificado.

Si la humedad de alguna sesión requiere un cuidado adicional, la implementación de un módulo deshumidificador resultaría útil. Este módulo se enlaza a la solución actual y brindaría un manejo de la humedad, salvaguardando la calidad de los productos almacenados.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Fernández C. A. & Pérez L., R. (2020). Tecnologías de pantallas táctiles: Un enfoque en películas capacitivas. *Revista Iberoamericana de Tecnología y Computación*, 111-125. doi:<https://doi.org/10.5678/ritc.v21i3.1234>
- Fernández L. A. & Gómez C., I. (2020). Implementación de modelos de comunicación en IoT: Un estudio sobre las tecnologías de Dispositivo a Nube y su seguridad. *Revista Iberoamericana de Comunicaciones y Redes*, 134-150. doi:<https://doi.org/10.5678/ricr.v18i4.7896>
- García F. E. & López P., R. (2020). Clasificación de dispositivos y su implementación en sectores críticos de la economía. *Revista Latinoamericana de Innovación Tecnológica*, 145-161. doi:<https://doi.org/10.4321/rliit.v19i3.6789>
- García J. A. & Ramírez L., E. (2020). I futuro del D2D en tarjetas RFID: Sincronización, alcance y seguridad. *Revista Iberoamericana de Sistemas de Comunicación*, 154-160. doi:<https://doi.org/10.5678/risc.v18i2.1234>
- García L. A. & Domínguez M., E. (2019). Evolución del Internet de las Cosas y su impacto en la tecnología de comunicación. *Revista Iberoamericana de Tecnología y Sociedad*, 67-84. doi:<https://doi.org/10.2345/rits.v15i1.5678>
- García L. E. & Martínez R., P. (2019). Tecnologías de monitoreo ambiental en la conservación de medicamentos: Un análisis de sensores en bodegas. *Revista Latinoamericana de Tecnología en Salud*, 95-110. doi:<https://doi.org/10.2345/rllts.v14i2.5678>
- García M. A. & Hernández J., L. (2020). Uso de PuTTY para la administración remota de Raspberry Pi: Ventajas y mejores prácticas. *Revista*

Latinoamericana de Computación y Redes, 115-130.
doi:<https://doi.org/10.5678/rlcr.v19i2.6789>

García M. L. & Torres J., A. (2020). Condensadores en circuitos electrónicos: Principios y aplicaciones. revista Iberoamericana de Electrónica y Física Aplicada, 87-103. doi:<https://doi.org/10.2345/riepa.v16i2.5678>

Gómez A. F. & Torres, J. L. (2019). Implementación de sistemas de control de acceso mediante RFID y Raspberry Pi: Un estudio aplicado en entornos de seguridad. . Revista Latinoamericana de Innovación y Tecnología Aplicada, , 170-185. doi:<https://doi.org/10.2345/rlita.v20i3.5672>

Gómez C. R. & Salazar E., M. (2020). inux y su impacto en la eficiencia de sistemas operativos en América Latina. Revista Iberoamericana de Software Libre y Seguridad Informática,, 145-162.
doi:<https://doi.org/10.5678/risls.v19i1.6789>

Gómez L. J. & Hernández F., M. (2019). Unix: Historia, características y aplicaciones en sistemas operativos. revista Latinoamericana de Sistemas Operativos,, 135-150. doi:<https://doi.org/10.2345/rlso.v16i3.2345>

Gómez R. A. & Martínez L., P. (2019). La importancia de la logística en la distribución farmacéutica: Un análisis en América Latina. Revista Latinoamericana de Salud y Sociedad, 45-58.
doi:<https://doi.org/10.1234/rlss.v12i2.345>

Hernández J. A. & Salinas P., E. (2020). Clasificación y características de las zonas climáticas en Ecuador: Un enfoque en la zona climática IV. Revista Latinoamericana de Geografía y Climatología, 115-128.
doi:<https://doi.org/10.5678/rlgc.v18i3.7896>

- Hernández J. C. & Silva M., L. (2021). Miniaturización de componentes electrónicos y su rol en la expansión de la computación accesible. *Revista de Innovación y Tecnología Aplicada*, 132-148. doi:<https://doi.org/10.3345/rita.v25i1.2468>
- Hernández J. P. & Torres A., R. (2020). a interconectividad y el desarrollo del Internet de las Cosas en América Latina. *evista Latinoamericana de Innovación y Tecnología*, 150-169. doi:<https://doi.org/10.4321/rlit.v21i3.2467>
- Hernández L. A. & Martínez P., R. (2020). Evolución, funcionalidades y su impacto en el desarrollo de aplicaciones web en América Latina. *Revista Latinoamericana de Desarrollo de Software*, 145-160. doi:<https://doi.org/10.4321/rlds.v18i3.5678>
- López A. M. & Ramírez J., A. (2020). Servicios de hosting y su importancia en el desarrollo web en América Latina. *Revista Iberoamericana de Desarrollo Web*, 90-105. doi:<https://doi.org/10.5678/ridw.v22i1.6789>
- López F. J. & Martínez R., P. (2019). Seguridad en la transferencia de archivos con FileZilla: Riesgos y recomendaciones en entornos de desarrollo web. *Revista Iberoamericana de Seguridad en Tecnología*, 175-190. doi:<https://doi.org/10.2345/rist.v16i3.5678>
- López M. R. & Fernández P., A. (2019). Innovaciones en la tecnología D2D para tarjetas RFID: Aplicaciones y desafíos en América Latina. *Revista Latinoamericana de Tecnología y Comunicación*, 121-138. doi:<https://doi.org/10.2345/rltc.v16i4.7895>

- Martínez A. C. & López D., P. (2020). Comparación de las etiquetas RFID: Pasivas, activas y semi-pasivas en aplicaciones industriales. *Revista Iberoamericana de Tecnologías de la Información y Comunicaciones*, 89-105. doi:<https://doi.org/10.5678/ritic.v19i2.6789>
- Martínez L. A. & Fernández P., J. (2019). Estructura y manejo de bases de datos relacionales en sistemas empresariales: Una guía práctica de SQL. *Revista Latinoamericana de Tecnologías de la Información*, 98-115. doi:<https://doi.org/10.2345/rlt.v15i3.5678>
- Martínez P. R. & López F., J. (2020). Aplicaciones y características de la Raspberry Pi en la educación y el desarrollo de proyectos. *Revista Latinoamericana de Innovación Tecnológica*, 125-140. doi:<https://doi.org/10.5678/rlit.v19i4.1234>
- Méndez C. E. & Salinas R., T. (2021). Desafíos y oportunidades de las tarjetas RFID en entornos industriales: Un enfoque en la comunicación D2D. *Revista de Tecnología y Aplicaciones Industriales*, 133-149. doi:<https://doi.org/10.3345/rtai.v25i1.9875>
- Méndez F. P. & Rodríguez C., L. (2021). Propiedades y aplicaciones de materiales dieléctricos en la electrónica moderna. *Revista Iberoamericana de Ciencia y Tecnología*, 120-135. doi:<https://doi.org/10.3345/rict.v23i2.1234>
- Méndez R. C. & Silva E., M. (2021). Intercambio de datos en IoT mediante backend: Desafíos y oportunidades en la industria latinoamericana. *Revista de Innovación y Tecnología Aplicada*, 215-230. doi:<https://doi.org/10.3345/rita.v26i1.9876>

- Ortiz A. M. & González R., F. (2019). Beneficios y riesgos del Internet de las Cosas: Una revisión desde la perspectiva de la seguridad y la privacidad. *Revista Iberoamericana de Seguridad Informática*, 125-139. doi:<https://doi.org/10.2345/ris.v17i2.5671>
- Pérez A. L. & Sánchez D., F. (2021). El papel de las distribuidoras farmacéuticas en la cadena de suministro de medicamentos en Colombia. *Revista Colombiana de Administración en Salud*, 120-135. doi:<https://doi.org/10.5678/rcas.v15i3.1234>
- Pérez M. A. & García R., L. (2020). (Raspberry Pi OS) y su impacto en la educación y el desarrollo de prototipos en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación y Tecnología*, 135-150. doi:<https://doi.org/10.5678/riet.v21i2.1234>
- Pérez, J. A. (2019). Potencial y limitaciones en la gestión de bases de datos para aplicaciones web en América Latina. *Revista Iberoamericana de Bases de Datos y Aplicaciones Web*, 120-135. doi:<https://doi.org/10.2345/ribda.v16i2.5678>
- Ramírez A. L. & Fernández P., J. (2020). Programación dinámica para la web: Un enfoque práctico con JavaScript. *Revista Iberoamericana de Computación y Programación*, 155-170. doi:<https://doi.org/10.5678/ricp.v18i4.5678>
- Ramírez D. A. & Fernández P., M. (2019). Conectividad ubicua y su impacto en la adopción de tecnologías emergentes en América Latina. *Revista Iberoamericana de Telecomunicaciones y Sociedad*, 98-113. doi:<https://doi.org/10.5678/rits.v12i3.5679>

- Ramírez D. C. & López M., A. (2020). Uso de RaspiCam en proyectos de innovación con Raspberry Pi: Características y aplicaciones. *Revista Iberoamericana de Tecnología y Proyectos de Innovación*, 112-127. doi:<https://doi.org/10.5678/ritpi.v22i1.6789>
- Rodríguez P. J. & Gómez R., L. (2020). Evaluación de sensores capacitivos en sistemas IoT: Un estudio del sensor AHT10 en aplicaciones ambientales. *Revista Latinoamericana de Tecnología y Sistemas Inteligentes*, 203-219. doi:<https://doi.org/10.4321/rltsi.v22i4.6789>
- Rodríguez P. J. & Martínez F., L. (2019). Modelos de comunicación en IoT: Un análisis de las tecnologías D2D, D2C, y D2G en América Latina. *Revista Latinoamericana de Tecnologías de la Información*, 93-110. doi:<https://doi.org/10.1234/rlt.v16i2.6789>
- Salazar E. M. & González R., J. (2019). Termistores en la medición de temperatura: Teoría y aplicaciones. *Revista Latinoamericana de Instrumentación y Control*, 134-148. doi:<https://doi.org/10.2345/rltic.v15i3.5678>
- Salazar Soler M., A. (2016). Principales consideraciones para la implementación segura de IoT en entornos vulnerables. *Revista Latinoamericana de Tecnología y Sociedad*, 87-104. doi:<https://doi.org/10.3345/rlts.v14i4.4578>
- Silva R. J. & López F., M. (2021). El auge del IoT y la computación en la nube: Retos y oportunidades para América Latina. *Revista de Computación y Redes*, 205-221. doi:<https://doi.org/10.2234/rcr.v28i2.7895>

Torres P. A. & García J., L. (2020). Seguridad en la web: El papel crucial del cifrado SSL/TLS. *Revista Iberoamericana de Seguridad Informática*, 145-160. doi:<https://doi.org/10.5678/risi.v19i2.7896>

8. ANEXO I. Entrevista

- a) ¿Cómo deben gestionarse los accesos a las diferentes áreas restringidas, y existen distintos niveles de privilegios entre usuarios?

Tenemos a la encargada de logística y al bodeguero que pueden acceder a las bodegas. Para hacer inventarios o armar pedidos.

- b) ¿Qué información es necesaria registrar cuando alguien entra o sale de un área restringida?

El nombre, la hora y la bodega a la que ingresa.

- c) ¿Cómo se realiza actualmente el monitoreo de temperatura y humedad, y qué mejoras esperarían con un sistema automatizado?

Actualmente el bodeguero debe de utilizar un termo higrómetro físico para medir en cada bodega y lo anota en un registro manual que está en la puerta de cada bodega.

- d) ¿Qué debe ocurrir cuando una persona solicita acceso a través del timbre?

Nos gustaría ver la persona que está en la puerta para asegurarnos de quien está queriendo entrar

- e) ¿Qué tipo de vistas o funcionalidades específicas necesitarían los diferentes tipos de usuarios en el portal web?

Por ejemplo, como administradora general se debe poder ver los usuarios, tarjetas, accesos a las bodegas, temperatura y humedad. La encargada de logística debería poder ver solo los accesos, temperatura y humedad. El bodeguero no debería contar con acceso a ningún portal pero si a las bodegas.

- f) ¿Cuántas áreas restringidas consideran integrar al sistema en el futuro?

Actualmente contamos con tres bodegas, pero la principal se encuentra en vía Daule donde nos prestan servicios una empresa de logística. En la oficina contamos con dos más, pero de menor tamaño para la distribución de la semana. Más adelante podríamos necesitar para acceder a cada departamento cuando tengan su propio espacio.

- g) ¿Qué tan importante es la velocidad de respuesta del sistema y la disponibilidad continua del mismo?

Las alertas de temperatura y humedad deben de ser visibles cuanto antes para poder tomar acciones al momento igual que con las puertas, en caso de no poder ingresar a las bodegas nos sería contraproducente al retrasarnos en los pedidos.

9. ANEXO II. FORMULARIO DE OBSERVACIÓN

a) Método de control de accesos (Marca las opciones que correspondan):

- Llaves físicas
- Tarjetas magnéticas/RFID
- Códigos o contraseñas
- Registro manual (libreta, planilla, etc.)
- **Otro (especificar):** no cuenta con control de accesos

b) Seguridad del acceso

- ¿Existen registros de quién entra y sale? **Sí / No / A veces**
- ¿Es posible que alguien sin autorización ingrese? **Sí / No / No se sabe**
- ¿Los accesos están supervisados por un encargado? **Sí / No / A veces**
- **Observaciones sobre problemas detectados:** no hay vigilancia asegurada hacia las bodegas

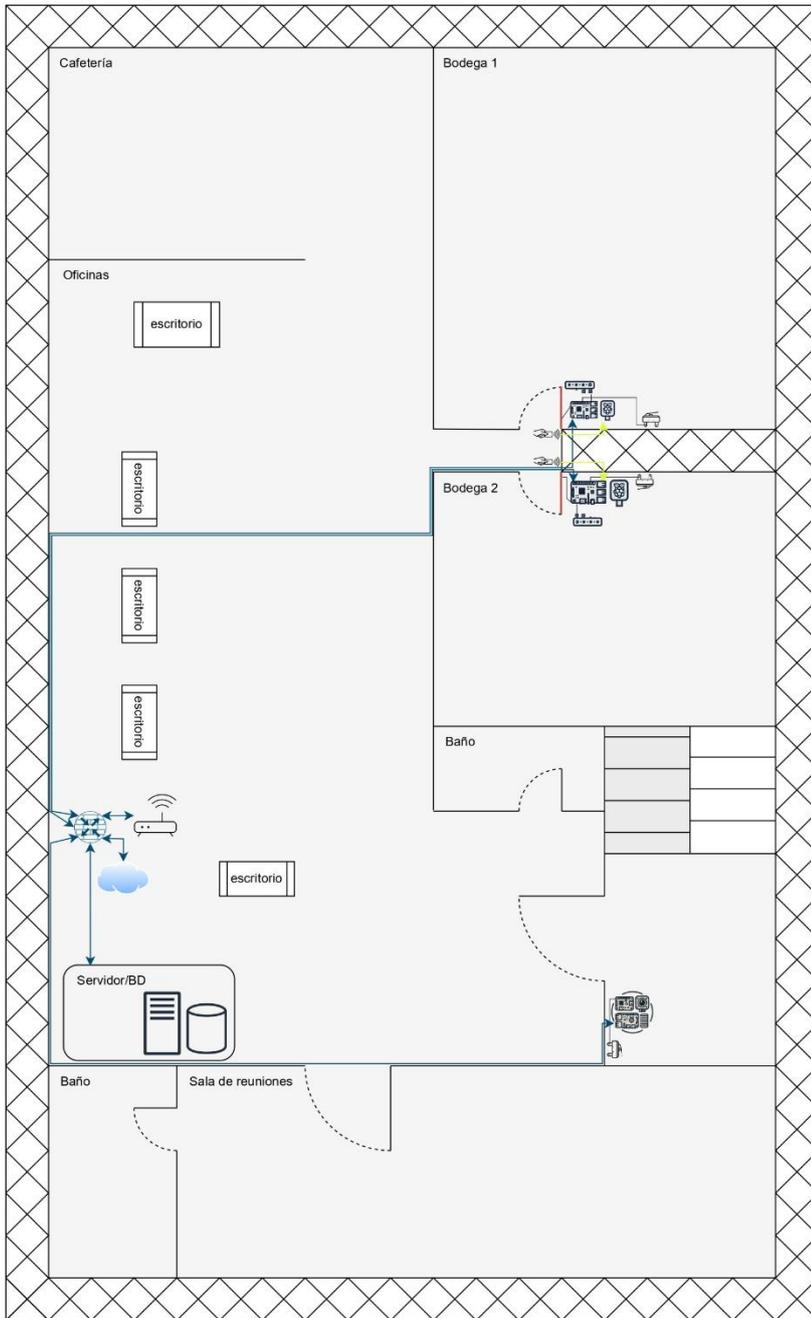
c) Registro de temperatura y humedad actual

- ¿Se mide actualmente la temperatura y la humedad en la bodega? **Sí / No**
- **Si se mide, ¿con qué instrumento?** Termo higrómetro
- Método de medición: **Manual / Automática / No se realiza**
- ¿Se registran los datos en algún sistema o documento? **Sí / No**
- ¿Se han identificado problemas por temperatura o humedad inadecuadas? **Sí / No**
 - En caso de Sí, describir: pocos, pero para enterarse deben ingresar a las bodegas, no se sabe desde que momento empieza el inconveniente.

d) Registro de fallas en el sistema actual

- ¿Se han perdido objetos por accesos no controlados? Sí / No / **No se sabe**
- ¿Se han reportado fallas en la supervisión del acceso? **Sí** / No / No se sabe
- ¿Se han detectado condiciones inadecuadas de temperatura o humedad que afecten productos? Sí / No / **No se sabe**
 - **Observaciones generales sobre problemas detectados:** No se presenció, pero indican que si ha sucedido pérdida de objetos

10. ANEXO III. ARQUITECTURA GENERAL DE LA SOLUCIÓN



	Conexión GPIO		Puerta con seguro magnético
	Conexión USB		Nodo IoT
	Conexión ethernet		Sensor T/H
	Acceso a internet		Nodo cámara
	Router Wifi		Pulsador
	Router con firewall		Lector RFID



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Campos Rivera, Carlos Joshua**, con C.C: # **0921502621** autor/a del trabajo de titulación: “**Aplicación de IOT en la implementación de PAC para importadora de medicina y asociados S.A. Tulsi products**” previo a la obtención del título de **Ingeniero en Sistemas Computacionales** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 24 de febrero de 2025

Nombre: **Campos Rivera, Carlos Joshua**

C.C: **0921502621**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Aplicación de IOT en la implementación de PAC para importadora de medicina y asociados S.A. Tulsi products		
AUTOR(ES)	Campos Rivera, Carlos Joshua		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Miranda Rodríguez, Marcos Xavier		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería en Sistemas Computacionales		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Sistemas Computacionales		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	24 de febrero de 2025	No. DE PÁGINAS:	97 p.
	ÁREAS TEMÁTICAS: Seguridad física, Bodegaje farmacéutico, Control de accesos, Monitoreo ambiental, Automatización, salud, Tecnología médica.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Plataforma web, IOT, Raspberry, AHT10		
RESUMEN/ABSTRACT:			
<p>En la actualidad con la revolución de las tecnologías y el mundo de la automatización, las empresas se han vuelto más competitivas en contar con la última tendencia de automatización, aun estas siendo de giros de negocios distantes a las TICs. Como es bien conocido las empresas dedicadas al sector de la salud necesitan y requieren mayores cuidados al ser estas involucradas de manera más próxima a la vida y calidad sanitaria de las personas. El objetivo de este trabajo fue implementar un sistema de gestión y control de acceso físico por medio de tarjetas RFID pasivo y control de humedad a través de la aplicación de sensores IOT para la empresa Importadora de Medicina Tulsi Products. Para esto se realizó este trabajo donde en una fase descriptiva y exploratoria inicial se determinaron las necesidades, posteriormente se realizó un análisis comparativo de los sensores según prueba en bodega y análisis de costo beneficio y consecutivamente se diseñó, implementó y realizo una propuesta del sistema integrado de control de accesos y monitoreo ambiental basado en IoT y RFID para la mejora de la seguridad, gestión ambiental, automatización y mejora de la eficiencia. Se realizó la instalación y configuración de un sistema de control de acceso, registro de temperatura y humedad por medio del sensor AHT10 para Tulsi Products, incluyendo tanto componentes hardware como de software.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTORES:	Teléfono: +593-983-796040	E-mail: josh-campos97@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Toala Quimí, Edison José		
	Teléfono: +593-990-976776		
	E-mail: edison.toala@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			