

ón y Documentos211Colección y Documentos en MongoDBfigure.2



“SISTEMA PARA EL MONITOREO, DETECCIÓN Y ALERTA DE
SOMNOLENCIA DEL CONDUCTOR MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL,
COMUNICACIÓN INALÁMBRICA Y GEOLOCALIZACIÓN”

Tercer Reporte Parcial

Lista de actividades

- Búsqueda de manejadores de bases de datos
- Elección del manejador de bases de datos
- Modelado de la base de datos
- Análisis del Módulo de Telemetría
- Diseño del Módulo de Telemetría
- Investigación de Servidores de alojamiento
- Elección del Servidor de Alojamiento
- Análisis del Módulo de Estación Base
- Diseño del Módulo de Estación Base
- Análisis de la aplicación Web
- Búsqueda Lenguajes de programación web
- Elección del lenguaje de programación para la aplicación web
- Diseño de la aplicación web
- Cotización de materiales

Autores:

Alan Eduardo Gamboa Del
Ángel
Maite Paulette Díaz Martínez
Nilsen Alfaro Parra

Asesores:

M.en C. Niels Henrik Navarrete
Manzanilla
Dr. Rodolfo Vera Amaro

Índice

1. Búsqueda de manejadores de bases de datos	4
2. Elección del manejador de bases de datos	10
3. Modelado de la base de datos	11
4. Análisis del Módulo de Telemetría	12
5. Diseño del Módulo de Telemetría	16
6. Investigación de Servidores de alojamiento	19
7. Elección del Servidor de Alojamiento	21
8. Análisis del Módulo de Estación Base	26
9. Diseño del Módulo de Estación Base	27
10. Búsqueda de servidores de alojamiento	28
11. Análisis de la aplicación Web	32
12. Búsqueda Lenguajes de programación web	33
13. Elección del lenguaje de programación para la aplicación web	35
14. Diseño de la aplicación web	36
15. Cotización de materiales	37
16. Conclusiones	38
17. Bibliografía	39

Índice de figuras

1.	Icono de MongoDB	10
2.	Colección y Documentos en MongoDB	11
3.	Tipos de Redes Inalámbricas	14
4.	Mapa de la Ciudad de México	14
5.	Mapa de Cobertura LTE-Telcel	19
6.	Raspberry Pi 4G/LTE Cellular Modem Kit	20
7.	Especificaciones Físicas	21
8.	Zumbador Pasivo KY-006	21
9.	Cámara Pivariety IMX230	22
10.	Jumpers	22
11.	Micro SD	22
12.	RaspberryPi 3G/4G/ LTE Base HAT	23
13.	LE 910Cx Mini PCIe Series Linux	23
14.	LTE Main Diversity GNSS Triple Port u.FL Antenna de 100mm	24
15.	Unidad Contenedora del Módulo Central de Procesamiento	25
16.	Tipos de Planes de AWS Amplify	29
17.	Tiempos de Respuesta	30

Índice de tablas

1.	Sistemas de Gestión de Bases de Datos Relacionales	7
2.	Sistemas de Gestión de Bases de Datos No Relacionales	9
3.	Ventajas, Desventajas y Aplicaciones de las LPWAN	13
4.	Comparación entre Redes Inalámbricas	15
5.	Comparación entre LTE-M y NB-IoT	19
6.	Comparación entre distintos módulos de LTE-M	20
7.	Tipos de Contenido Multimedia	28

1. Búsqueda de manejadores de bases de datos

Un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) o *DataBase Managenent System* (DBMS) es un sistema que permite la creación, gestión y administración de bases de datos, así como la elección y manejo de las estructuras necesarias para el almacenamiento y búsqueda de información del modo más eficiente posible. [1]

Los sistemas gestores de bases de datos son clasificados según la forma en que administran los datos en:

- Relacionales (SQL)
- No relacionales (NoSQL)

Sistemas Gestores de bases de datos Relacionales (SQL)

SQL es un lenguaje estándar de consultas o *queries* a bases de datos. La programación o consultas en SQL sirve para almacenar, manipular y recuperar datos de bases de datos relacionales. [2]

La información que almacena la BBDD (base de datos) está relacionada entre sí. Los datos relacionados (registros o filas) son almacenados en tablas que constan de varios campos (columnas).

Características:

- Integridad de los datos
Asegura que los datos sean válidos, correctos y completos. SQL y las bases de datos relacionales tienen la función de preservar esta integridad.
- Lenguaje estandarizado
SQL es un lenguaje estandarizado, esto quiere decir que se pueden desplegar implementaciones del mismo lenguaje SQL en diferentes sistemas. De esta manera se puede utilizar el mismo código para todos ellos.
- Sencillez y claridad
SQL es un lenguaje integral desde el punto de vista conceptual, esto quiere decir que SQL es un lenguaje unificado, claro y simple, de fácil comprensión.
- Flexibilidad
Una de las razones por las que SQL es un lenguaje tan utilizado es por su flexibilidad, dada su versatilidad a la hora de implantar soluciones y por permitir definir diferentes formas de ver los datos para satisfacer las especificaciones requeridas por parte del usuario. [2]

Ventajas:

- Opción segura
Las tablas y datos permanecen protegidos con los nombres de usuario y sus contraseñas. Por lo tanto, solo una persona autorizada puede acceder a esas tablas y datos para trabajar.

- Fácil de usar
No existe ningún proceso de procesamiento de consultas y, por lo tanto, las bases de datos relacionales son simples. El usuario no está obligado a pasar ninguna consulta compleja para acceder a los datos.
- Rendimiento rápido
Fáciles de usar y también son simples por su estructura. Permite al usuario obtener una experiencia rápida. El usuario obtiene muchos filtros de optimización u opciones para aumentar la velocidad de acceso a los datos.
- Presenta datos con precisión
Las bases de datos contienen tablas precisas e interrelacionadas. Usa las claves primaria y externa para establecer la relación entre el archivo *raw*. Por lo tanto, los usuarios no tienen ningún problema con la reputación de los datos anteriores que ya han recibido. Además, hay cero posibilidades de duplicación de datos en bases de datos relacionales.
- Accesible en cualquier momento
El usuario no necesita ninguna ruta predefinida. Por lo tanto, la accesibilidad en el RDBMS es más fácil en comparación con otras bases de datos. Además, los usuarios también pueden modificar los datos rápidamente.
- Puede tener varios usuarios
Muchos usuarios pueden acceder a la base de datos al mismo tiempo. Incluso si los datos ya están actualizados, también muchos usuarios pueden visitar sin ningún problema. Por lo tanto, se puede evitar el bloqueo causado principalmente al obtener un inicio de sesión de múltiples usuarios en la base de datos. [3]

Desventajas:

- Incrementa el gasto
Estas bases de datos son bastante caras de usar. Además, la empresa o el usuario deben comprar el software y las herramientas para obtener el resultado completo de RDBMS. Por lo tanto, si se tiene un presupuesto bajo, puede resultar difícil obtener una base de datos de este tipo.
- Se puede perder información
El RDBMS contiene el espacio limitado y estos dispositivos de almacenamiento no pueden almacenar más datos si no hay espacio. Como no hay más almacenamiento, estos datos se pueden perder y crear problemas en el futuro.
- Requerido para el uso de dispositivos de almacenamiento físico
Requiere importantes dispositivos de almacenamiento, especialmente dispositivos de memoria física.
- Problema de rendimiento
El nivel de rendimiento puede ser bajo en las bases de datos relacionales porque depende de filas y columnas. Por lo tanto, si hay muchas filas y tablas, la consulta tardará más en procesar el resultado. Además, si hay una cantidad considerable de datos en la máquina, puede ralentizar el proceso de trabajo.

- Puede ser complejo de entender

Cuando aumenta la cantidad de datos almacenados, se vuelve complicado comprender esos datos de forma simplificada. Sucede porque todos los datos han seguido utilizando la función particular que genera grandes conjuntos de datos para filtrar. [3]

Principales sistemas de gestión de bases de datos relacionales

A continuación, se muestra una tabla comparativa de los principales sistemas de gestión de bases de datos relacionales:

Sistemas Gestores de bases de datos No Relacionales (SQL)

Se utilizan en entornos distribuidos que han de estar siempre disponibles y operativos y que gestionan un importante volumen de datos.

Para la administración de este tipo de bases de datos, actualmente los principales sistemas gestores de bases de datos (SGBD NoSQL) son los siguientes:

Características:

- Los datos no tienen que almacenarse en tablas.
- Generalmente, su arquitectura es distribuida, la información se almacena en más de una máquina del sistema. Por lo tanto, los sistemas que las soportan tienen una mayor escalabilidad horizontal (a mayor número de nodos mayor rendimiento) y también mayor tolerancia ante fallos en los distintos nodos.
- Son más eficientes en el procesamiento de los datos que las BBDD relacionales, por tal motivo, son la elección para aplicaciones que hacen un uso intensivo de estos, como por ejemplo *streaming*.
- Utilizan lo que se conoce como consistencia eventual, que consiste en que los cambios realizados en los datos serán replicados a todos los nodos del sistema, lo cual aumenta el rendimiento de estos sistemas en contraposición a las propiedades ACID de las BBDD relacionales (Atomicidad, Consistencia/Integridad, Aislamiento y Durabilidad).

Ventajas:

- Aplicaciones de big data
Grandes volúmenes de información son manejados fácilmente por las bases de datos NoSQL.
- Administración de la base de datos
Requieren menos administración práctica, cuenta con capacidades de distribución de datos y reparación automática, modelos de datos simplificados y menos requisitos de ajuste y administración.
- Versatilidad
Las posibilidades de crecimiento en el volumen de datos o la posibilidad de incluir cambios sobre la forma en la que ingresan los datos sin necesidad de alterar la estructura, lo que permite adaptarse de forma rápida a un entorno de alto dinamismo.

SGBDR	Descripción	Ventajas	Desventajas
MySQL	Es un SGBD multihilo y multiusuario utilizado en aplicaciones creadas como software libre.	-Facilidad de uso y gran rendimiento -Facilidad para instalar y configurar -Soporte multiplataforma	Escalabilidad, no trabaja de manera eficiente con bases de datos muy grandes.
MariaDB	Este SGBD es una derivación de MySQL que cuenta con la mayoría de características de este e incluye varias extensiones.	-Aumento de motores de almacenamiento -Gran escalabilidad -Seguridad y rapidez en transacciones -Extensiones y nuevas características relacionadas con su aplicación para Bases de datos NoSQL. -Compatible con MySQL.	Incompatibilidades en la migración de MariaDB y MySQL. Atrasos en la liberación de versiones estables.
PostgreSQL	Es un SGBD orientado a objetos y es libre, publicado bajo la licencia BSD.	-Flexibilidad en cuanto a lenguajes de programación. -Multiplataforma. -Herramienta fácil e intuitiva para la administración de las bases de datos. -Robustez, Eficiencia y Estabilidad.	Lentitud para la administración de bases de datos pequeñas ya que está optimizado para gestionar grandes volúmenes de datos.
Microsoft SQL Server	Es un SGBD basado en el lenguaje <i>Transact-SQL</i> capaz de poner a disposición de muchos usuarios grandes cantidades de datos de manera simultánea.	-Escalabilidad, estabilidad y seguridad. -Posibilidad de cancelar consultas. -Potente entorno gráfico de administración. -Nativo para Windows, pero puede utilizarse en otras plataformas como Linux o Docker.	Coste del software, cuenta con un plan gratuito (Express) pero lo normal es la elección de alguno de los planes de pago disponibles.
Oracle	Oracle ha sido el SGBD por excelencia para el mundo empresarial, considerado siempre como el más completo y robusto.	-Soporte de transacciones. -Estabilidad. -Escalabilidad. -Multiplataforma.	Coste del software, aunque cuenta con una versión gratuita (Express Edition o XE), sus principales opciones son de pago.

Tabla 1: Sistemas de Gestión de Bases de Datos Relacionales

- **Crecimiento Horizontal**
Son altamente escalables, si se requiere instalar mayor cantidad de nodos para ampliar la capacidad, se puede hacer sin problemas. Esto no interrumpe la usabilidad o consultas dentro de la base de datos.
- **Economía**
No se necesitan servidores con gran cantidad de recursos para operar. La adaptabilidad y flexibilidad permiten empezar con bajos niveles de inversión en equipos e ir ampliando la capacidad a medida de las necesidades.

Desventajas:

- **Menos maduro**
La mayoría de las alternativas de bases de datos NoSQL apenas han salido de las etapas de preproducción, y hay muchas características importantes que aún no se han implementado.
- **Atomicidad**
Algunas de estas bases de datos no incorporan la atomicidad de información. Esto puede derivar en que la información no sea consistente entre nodos.
- **Software poco documentado**
Al ser tan relativamente nuevo, el NoSQL puede adolecer de que algunas operaciones sean limitadas por la falta de información sobre las herramientas y sus características.
- **Baja estandarización**
No se tiene un criterio plenamente definido entre los motores que se utilizan en este tipo de base de datos. El lenguaje tiende a variar según el tipo de base de datos que se vaya a utilizar.
- **Herramientas GUI**
La mayoría de las bases de datos NoSQL no contienen una interfaz gráfica. Requiere conocimiento especial para poder ejecutar algunas de ellas.

Principales sistemas de gestión de bases de datos no relacionales

Se utilizan en entornos distribuidos que han de estar siempre disponibles y operativos y que gestionan un importante volumen de datos.

Para la administración de este tipo de bases de datos, actualmente los principales sistemas gestores de bases de datos (SGBD NoSQL) son los siguientes:

SGBDR	Descripción	Ventajas	Desventajas
MongoDB	Es un SGBD NoSQL orientado a documentos que almacena la información en estructuras JSON con un esquema dinámico que permite su facilidad de integración.	<ul style="list-style-type: none"> -Indexación y replicación. -Balanceo de carga -Almacenamiento en documentos. -Consultas ad hoc. -Escalabilidad horizontal. -Código abierto. -Multiplataforma. 	<ul style="list-style-type: none"> -MongoDB no es un SGBD adecuado para realizar transacciones complejas. -Documentos limitados a 16MB.
Redis	Redis está basado en el almacenamiento clave-valor. El principal uso de este SGBD es para el almacenamiento en memoria caché y la administración de sesiones.	<ul style="list-style-type: none"> -Atomicidad y persistencia -Gran velocidad -Simplicidad -Multiplataforma 	<ul style="list-style-type: none"> - La implementación en la nube a gran escala puede ser difícil. -No ofrece ninguna solución de conjuntos en clústeres madura.
Cassandra	Cassandra utiliza almacenamiento clave-valor. Es un SGBD NoSQL distribuido y masivamente escalable. Dispone de un lenguaje propio para las consultas denominado CQL (<i>Cassandra Query Language</i>).	<ul style="list-style-type: none"> -Multiplataforma -Propio lenguaje de consultas -Escalado lineal y horizontal -Es un SGBD distribuido -Utiliza una arquitectura punto a punto 	<ul style="list-style-type: none"> -Duplicación de datos. -Ejecución de lecturas lenta. -Consultas limitadas debido a la recuperación de datos.
DynamoDB	Base de datos NoSQL de clave-valor sin servidor y completamente administrada que está diseñada para ejecutar aplicaciones de alto rendimiento a cualquier escala.	<ul style="list-style-type: none"> -Ventajas avanzadas en la nube de AWS. -Facilidad de uso. -Coste. -Integración -Administrable. 	<ul style="list-style-type: none"> -Capacidad de consultas deficiente -Compatible solo con AWS. - No puede utilizar scripts del lado del servidor con DynamoDB.

Tabla 2: Sistemas de Gestión de Bases de Datos No Relacionales

2. Elección del manejador de bases de datos

Debido a la escalabilidad, facilidad de implementación, bajo coste y flexibilidad que ofrece los gestores de bases de datos NoSQL para adaptarse a las necesidades del proyecto, se optó por la elección de un gestor de este tipo. Además, se contemplaron las posibles modificaciones dentro del modelado de la base de datos, las cuales tendrán como motivo, cumplir los requisitos del sistema y presentar la información necesaria en la aplicación web. Estas modificaciones (solo en caso de ser necesarias) podrán ser fácilmente aplicadas usando un SGBD NoSQL ya que ofrecen una mayor facilidad de realizar cambios dentro del esquema a diferencia de un SGBD SQL.

Dentro de los SGBD NoSQL se eligió MongoDB, ya que la aplicación web se realizará utilizando como base el lenguaje JavaScript Node.js para realizar el *backend* de la aplicación, por lo cual MongoDB complementa y facilita el desarrollo del proyecto en herramientas basados en JavaScript. Además, MongoDB es de código abierto, y es una herramienta gratuita, por lo cual no hay necesidad de pagar el uso de licencias. Otra característica importante es que es una base de datos multiplataforma, esto nos permitirá registrar información desde el sistema operativo Linux, que se ocupará en la Raspberry Pi y por otro lado se ocupará Windows en la aplicación web para la inserción, modificación, lectura y eliminación de los datos en la base de datos.



Figura 1: Icono de MongoDB

3. Modelado de la base de datos

Tomando en cuenta la elección de MongoDB como gestor de la base de datos, se consultó la documentación de MongoDB para conocer la estructura y el modelado de los datos.

MongoDB utiliza documentos para registrar los datos, estos documentos son almacenados dentro de las colecciones, las cuales, en una base de datos relacional se asemejaría a una tabla. Las bases de datos en MongoDB están conformadas por una o más colecciones de documentos.

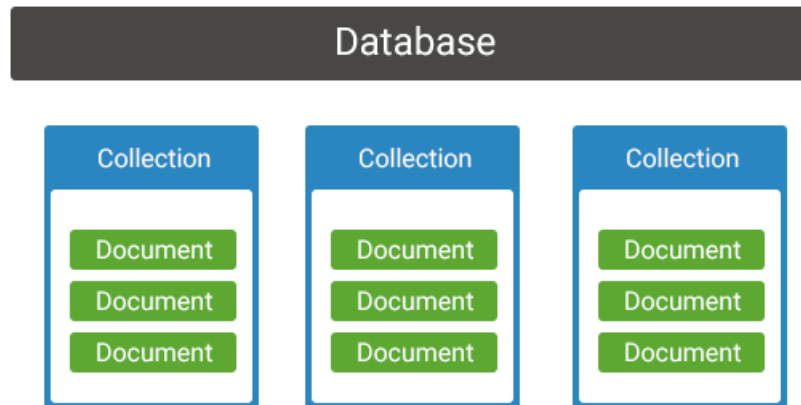


Figura 2: Colección y Documentos

MongoDB almacena registros de datos como documentos BSON. BSON es una representación binaria de documentos JSON, aunque contiene más tipos de datos que JSON.

Un registro en MongoDB es un documento, que es una estructura de datos compuesta por pares de campo y valor. Los documentos MongoDB son similares a los objetos JSON. Los valores de los campos pueden incluir otros documentos, matrices y matrices de documentos.

4. Análisis del Módulo de Telemetría

Para transferir datos o información de un punto a otro sin la utilización de cableado o algún medio físico, tenemos las redes inalámbricas; y se dividen en 3 diferentes tipos dependiendo del alcance requerido:

- **La red de área personal inalámbrica (WPAN)**

Son redes de corto alcance que utilizan tecnología Bluetooth, HomeRF (*Home Radio Frequency*), Zigbee y las conexiones infrarrojas. Interconectan dispositivos compatibles como teléfonos móviles, electrodomésticos, impresoras o asistentes personales digitales (PDA) cerca de una ubicación central.

Utilizada para periféricos de tamaño pequeño, son conocidas como redes de corto alcance, con cobertura de 10 a 100 metros.

- **La red de área local inalámbrica (WLAN)**

Es una red de intercambio de datos a través de ondas electromagnéticas que se propagan en el aire, en ella se crea una red de área local con un determinado número de dispositivos conectados a un enrutador o punto de acceso que proporcionará acceso a Internet.

Son conocidas como redes de corto/mediano alcance alcanzando de 100 a 1000 metros.

Estándares usados en WLAN:

- IEEE 802.11
Es la forma más apropiada de referirnos a la tecnología Wi-Fi, especifica las normas de funcionamiento en una WLAN.
- IEEE 802.11a/b/g
Estándares identificadores de canales y frecuencias por donde se conectan los hosts a la WLAN. Con 802.11a se opera sobre las bandas de 5 GHz a 20 MHz y 2,4 GHz mientras que en la 802.11 b y g operan solamente en la banda de 2,4 GHz a una frecuencia de 25 MHz como ancho de banda.
- IEEE 802.11n
Fue el primero en implementar la tecnología MIMO (*Multiple Input - Multiple Output*) que permite usar varios canales a la vez para el envío y recepción de datos.
- IEEE 802.11ac
Se denomina WiFi 5 y la gran mayoría de aparatos trabajan sobre esta versión. Es una versión que solo opera en la banda de 5 GHz para proporcionar velocidades desde los 433 Mbps, dependiendo de la cantidad de antenas que utilice.
- IEEE 802.11ax
Es la nueva versión conocida como WiFi 6 o WiFi de 6ª generación en ella se introduce la nueva tecnología OFDMA que mejora la eficiencia espectral de la red para WLAN

Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
Baja Potencia. Minimiza el costo de energía lo que hace que los dispositivos remotos funcionen durante largos periodos de tiempo.	Baja velocidad de transmisión. No puede manejar grandes volúmenes de datos.	IoT. Satisfacer los desafíos de los dispositivos y sensores a pila.
Amplia cobertura. Ofrecen largo alcance sin mucha interferencia.	Problemas de atenuación de las señales. Funcionan de forma más eficiente en espacios abiertos que en zonas urbanas.	Aplicaciones de ciudades inteligentes. -Medidores de agua inteligentes -Iluminación inteligente
Bajo Ancho de Banda. Destinadas a aplicaciones con mensajes pequeños pocas veces por hora.	Confiabilidad en las transmisiones.	-
Bajo Coste. Al tener un bajo ancho de banda reduce su costo también muchos usan el rango sin licencia en las bandas ISM.	Conectividad no constante. Dificulta actividades como el control de movimiento.	-

Tabla 3: Ventajas, Desventajas y Aplicaciones de las LPWAN

en donde haya gran cantidad de usuarios conectados.
Opera sobre las frecuencias de 2,4 GHz y 5 GHz.

■ La red de inalámbrica de area amplia (WWAN)

Usan ondas de radio pero transmite a uno o varios puntos de acceso inalámbrico donde un usuario inalámbrico puede conectarse a la red, al disponer de un ancho de banda más elevado ofrece una mejor cobertura.

Como ejemplo de estas redes tenemos la tecnología 4G y 5G. Son conocidas como redes de largo alcance con cobertura de hasta 100km, pueden dar soporte a gran parte del territorio geográfico.

En esta red se incluye:

- **LPWAN(*Low Power Wide Area Network*): Red de Área Amplia de Baja Frecuencia**

Son conocidas como redes de largo alcance con cobertura de hasta 100km.

Ventajas, Desventajas y Aplicaciones de las LPWAN:

A continuación, se muestra de manera gráfica los tipos de redes antes mencionadas, así como algunos de sus protocolos y tecnologías.

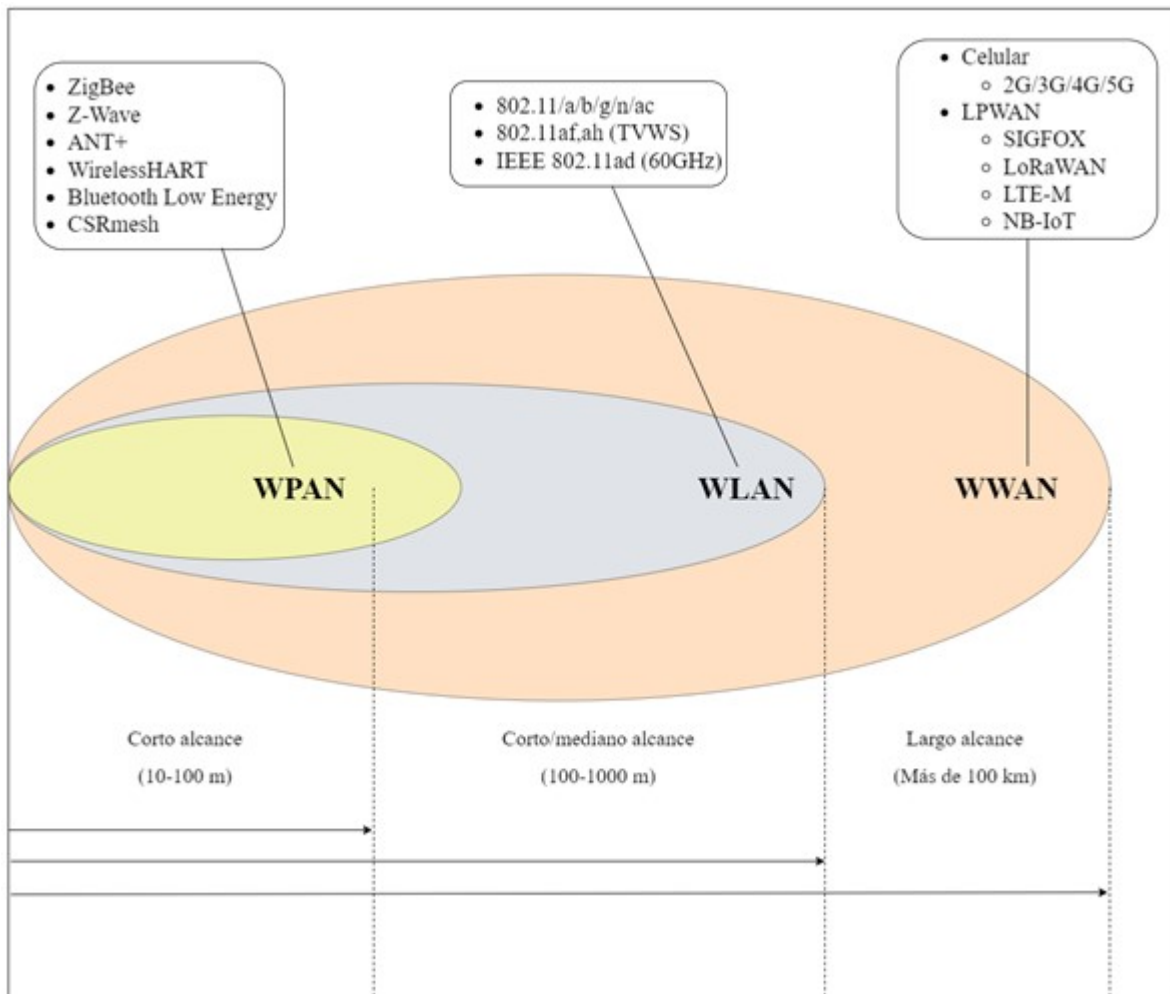


Figura 3: Tipos de Redes Inalámbricas

Dado que para el presente proyecto tiene contemplado funcionar dentro de la Ciudad de México y considerando que esta tiene una extensión de 1485 km², el tipo de red mas viable a utilizar es la LPWAN.



Figura 4: Mapa de la Ciudad de México

A continuación, se muestra un cuadro comparativo con estos tipos de redes.

	Espectro	Ancho de Banda	Costo	BitRate	Escalabilidad	Inmunidad a la Interferencia
LTE-M	Sin licencia 869 MHz 915 MHz	100kHz	Moderado	1Mbps	Alta	Moderada
NB-IoT	Sin licencia 433 MHz	<500kHz	Moderado	200kbps	Alta	Baja
SigFox	Con licencia 700-900 MHz	200kHz	Bajo	100bps	Baja	Baja
LoraWan	Con licencia 700-900 MHz	1.4MHz	Bajo	10kbps	Moderada	Muy Alta

Tabla 4: Comparación entre Redes Inalámbricas

Ya que una parte fundamental del proyecto es la transferencia de contenido multimedia, se requiere un bitrate mínimo de 0.5 Mbps.

Tomando esto en consideración, podemos observar que tanto SigFox y LoraWan no cumplen con este requisito, por lo tanto quedan descartadas para ser utilizadas.

Por lo tanto, las tecnologías que cumplen estas características son LTE-M y NB-IoT, por lo que en la siguiente sección se procede a hacer un análisis y comparación de estas dos tipos de redes inalámbricas para corroborar cual de las dos es la más óptima para ser utilizada en este proyecto.

5. Diseño del Módulo de Telemetría

LTE-M LTE-M es el término simplificado de la industria para el estándar tecnológico de Área Amplia de Baja Potencia (LPWA por sus siglas en inglés). Se refiere específicamente a la tecnología LTE CatM1, que es el estándar más adecuado para su uso con el IoT.

Es una tecnología de área amplia de baja potencia que admite IoT a través de dispositivos poco complejos y proporciona una cobertura extendida, al tiempo que permite la reutilización de la base instalada de LT

Las redes LTE-M coexistirán con las redes móviles 2G, 3G y 4G y se beneficiarán de todas las características de seguridad y privacidad de las redes móviles, como la confidencialidad de la identidad del usuario, la autenticación de la entidad, la privacidad, la integridad de los datos y la identificación del equipo móvil.

A continuación se describen las ventajas principales de LTE-M

- **Ahorro de Energía**

LTE-M permite que los dispositivos IoT usen un modo de ahorro de energía, que les permite ir a dormir cuando no están en uso. Y tampoco tienen que despertarse para enviar solo la actualización de ubicación, sino que pueden extender los tiempos de suspensión por un período de tiempo más largo. LTE-M también permite que los dispositivos usen recepción discontinua extendida (eDRX). Cuando el dispositivo está fuera del modo suspendido, verifica periódicamente la información del enlace descendente. Con eDRX, se aumenta el tiempo de verificación de la radio, lo que reduce el consumo de energía.

- **Cobertura**

Las redes LTE-M/Cat-M1/Cat-M2 pueden utilizar la infraestructura 4G LTE existente. Esta es una ventaja significativa, ya que más del 50 por ciento de las conexiones móviles globales se realizan en redes 4G.

Con una pérdida de acoplamiento máxima (MCL) de 156 decibelios (dB), 14 dB más alta que LTE, las redes LTE-M también ofrecen mayor cobertura y mejor penetración en interiores. La señal puede manejar muchas interferencias de edificios y otras estructuras que obstruyen su camino.

- **Velocidad de Transferencia**

Comparado con LTE, LTE-M no es particularmente rápido. Pero 1 megabit por segundo para transmisiones de enlace ascendente y descendente es excepcional en comparación con redes más antiguas como 2G y 3G (UMTS) y otras LPWAN. (Es varias veces más rápido que NB-IoT). Y eso es más que suficiente para la mayoría de las aplicaciones de IoT. Es factible para aplicaciones con necesidades de datos pequeñas e incluso casos de uso que involucran transmisión de video.

En el contexto de IoT, el alto rendimiento de datos significa que los dispositivos que usan LTE-M pueden recibir fácilmente actualizaciones por aire (OTA), y las transmisiones de datos consumirán menos energía, porque el dispositivo puede volver al modo de ahorro de energía más rápido.

■ Costo

Las redes 4G se construyeron principalmente para teléfonos inteligentes. Las redes LTE-M se construyeron principalmente para dispositivos IoT. Como tal, los componentes necesarios para los dispositivos LTE-M son menos complejos y más asequibles que los componentes que necesitaría para un dispositivo 4G tradicional, aunque ambos utilizan la infraestructura 4G LTE.

NB-IoT

Es un protocolo inalámbrico de Internet de las cosas (IoT) que utiliza tecnología de red de área amplia de baja potencia (LPWAN). Fue desarrollado por 3GPP para comunicación inalámbrica celular que permite una amplia gama de nuevos dispositivos y servicios NB-IoT. NB-IoT es uno de los tres principales estándares 3GPP LPWAN.

El estándar de comunicación NB-IoT tiene como objetivo permitir que los dispositivos IoT funcionen a través de redes de operador, ya sea dentro de una onda portadora de comunicación del Sistema Global para Móviles (GSM) existente, en una "banda de protección" no utilizada entre canales LTE o de forma independiente.

Uno de los objetivos de NB-IoT es impulsar la extensión de la cobertura más allá de lo que ofrecen las tecnologías celulares existentes. Para ello, NB-IoT ofrece repeticiones de transmisión y diferentes configuraciones de asignación de ancho de banda en la transmisión de enlace ascendente.

La tecnología NB-IoT utiliza señales de bajo ancho de banda para comunicarse dentro de las tecnologías GSM y LTE existentes.

Los dispositivos y sensores especialmente diseñados son los componentes básicos de los sistemas NB-IoT. Estos dispositivos recopilan información de su entorno y la transmiten a estaciones base NB-IoT o nodos de transmisión.

Las estaciones base individuales están conectadas a una puerta de enlace de IoT y servidores de aplicaciones en la nube de IoT para el monitoreo centralizado y el análisis de datos.

NB-IoT emplea una nueva capa física con señales y canales para cumplir con los requisitos de cobertura extendida en áreas rurales e interiores profundos, al tiempo que permite una complejidad de dispositivo muy baja. La tecnología subyacente es mucho menos compleja que la de los módulos GSM/GPRS.

A continuación se describen las ventajas más importantes de NB-IoT:

■ Ahorro de Energía

NB-IoT no necesita ejecutar un sistema operativo pesado, como Linux, ni hacer mucho procesamiento de señales, lo que lo hace más eficiente en términos de energía en comparación con otras tecnologías celulares.

■ Cobertura

NB-IoT puede ayudar a admitir una gran cantidad de dispositivos mediante el establecimiento de redes NB-IoT que pueden conectarse a miles de millones de nodos. Diseñado para cobertura extendida en interiores, la menor complejidad de los dispositivos proporciona conectividad y comunicación de largo alcance.

- **Costo**

Debido a que es más fácil crear dispositivos con menor complejidad, el costo de los dispositivos es significativamente bajo, alrededor de 5 dolares por módulo.

- **Seguridad**

NB-IoT está protegido de manera muy similar a 4G, incluidas todas las funciones de autenticación basadas en cifrado y SIM.

6. Investigación de Servidores de alojamiento

LTE-M vs. NB-IoT

Comparado a NB-IoT las velocidades de transferencia de datos de LTE-M son más de 10 veces más rápidas, su latencia es de 10 a 100 veces menor y cuenta con una cobertura mucho mayor, ya que utiliza la infraestructura 4G LTE existente. Sin embargo, aunque ambas LPWAN funcionan bien en interiores, NB-IoT tiene una pérdida máxima de acoplamiento (MCL) ligeramente más alta, lo que significa que puede manejar un poco más de interferencia.

LTE-M también puede usar una gama más amplia de frecuencias, aunque, como su nombre lo indica, Narrowband-IoT usa bandas de frecuencia más estrechas, lo que permite que esta tecnología use el espectro de radiofrecuencia (RF) de manera más eficiente.

	Velocidad Máxima de Subida	Velocidad Máxima de Descarga	Latencia	Perdida Máxima de Acoplamiento(dBs)	Ancho de Banda
LTE-M	1Mbps	1Mps	10-15 ms	156	1.4MHz a 5MHz
NB-IoT	127 kbit	159 kbit	1.6-10s	164	180KHz

Tabla 5: Comparación entre LTE-M y NB-IoT

Después de la investigación realizada, encontramos las siguientes ventajas de LTE-M sobre NB-IoT:

- LTE-M tiene más redes de roaming disponibles

Pocos operadores han establecido acuerdos de roaming para sus redes NB-IoT, por lo que LTE-M ofrece una mejor cobertura y tiene menos circunstancias en las que necesita cambiar de SIM. Actualmente, la compañía Telcel cuenta con la mayor cobertura de tecnología LTE en México.

Figura 5: Mapa de Cobertura LTE-Telcel

■ NB-IoT consume más energía en algunos casos

Cuando los dispositivos necesitan transmitir grandes volúmenes de datos, las velocidades de datos más bajas de NB-IoT requieren estos permanezcan en línea por más tiempo, lo que resulta en un mayor consumo de energía. En casos de uso móvil, NB-IoT también usa más energía

Por lo anterior, se decidió a utilizar el estándar LTE-M para nuestro proyecto. Se investigaron distintos módulos que sean compatibles con la Raspberry Pi 4 Modelo B, y a continuación se muestran una comparación entre ellas.

Modelo	Voltaje de Operación	Redes que Soporta	Dificultad de Integración	Costo
SixFab Base Hat	5V	3G/4G/LTE	Bajo	\$2500
SIM7600A-H	3-5V	3G/4G/LTE	Alta	\$1435
SIM800C-G	3.3 - 5V	3G/4G/LTE	Alta	\$508
SIM7600CE	3.3-5V	2G/3G/4G/LTE	Alta	\$2100

Tabla 6: Comparación entre distintos módulos de LTE-M

Dado que el módulo SixFab es el de menor dificultad de integración, se decidió utilizar este módulo para poder utilizar la interfaz de LTE-M. Además SixFab ofrece un kit dónde de se incluyen todos los componentes necesarios para utilizar dicha interfaz.

Raspberry Pi 4G/LTE Cellular Modem Kit

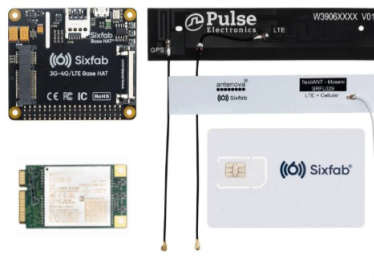


Figura 6: Raspberry Pi 4G/LTE Cellular Modem Kit

El kit de módem celular para Raspberry Pi permite desplazarse de forma libre y segura con una conexión de datos móviles. Ya sea que esté configurando una Raspberry Pi como un servidor web móvil o buscando acceder a Internet en ubicaciones remotas, nos brindará conectividad con nulos problemas.

7. Elección del Servidor de Alojamiento

Para el diseño de la unidad contenedora del módulo de procesamiento, se tomaron en cuenta los elementos físicos que estarán dentro de la unidad y sus respectivas medidas. Cabe mencionar que los elementos que respectan al modelo del ordenador, el modelo de la cámara, el modelo del zumbador y el modelo de la microSD fueron previamente seleccionados en base a los requerimientos del sistema.

Elementos físicos que contendrá la unidad:

- Raspberry Pi 4 Modelo B

De acuerdo con las especificaciones físicas de la Raspberry Pi 4 Modelo B se tiene las siguientes medidas en milímetros:

Dimensiones 85 x 53mm.

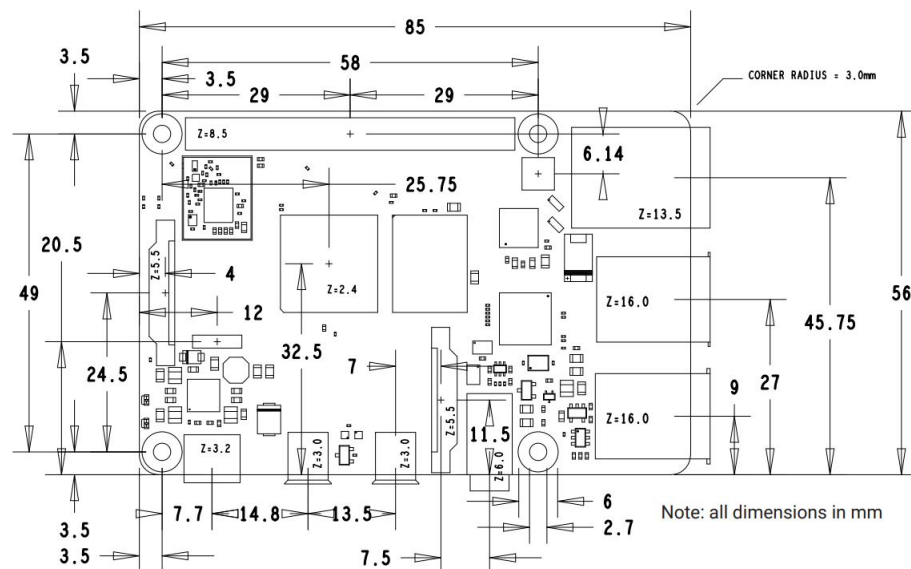


Figura 7: Especificaciones Físicas

- Zumbador Pasivo KY-006

Dimensiones 18 x 15mm.

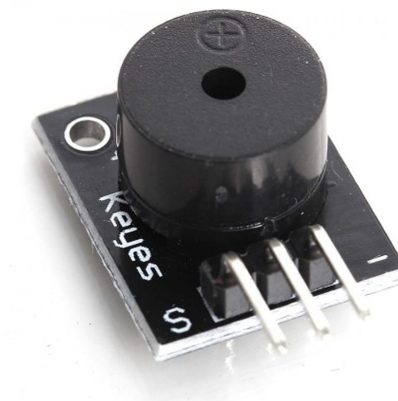


Figura 8: Zumbador Pasivo KY-006

- Cámara Arducam Pivariety IMX230
Dimensiones de la placa: 38 x 38mm.



Figura 9: Cámara Pivariety IMX230

- Cable macho-hembra



Figura 10: Jumpers

Se utilizarán 2 cables macho-hembra para la conexión del zumbador pasivo hacia los pines GND y Vcc del Raspberry Pi 4. Largo 10 cm.

- Micro SD
Dimensiones: 15 x 11 x 1 mm.



Figura 11: Micro SD

- RaspberryPi 3G/4G/ LTE Base HAT



Figura 12: RaspberryPi 3G/4G/ LTE Base HAT

Este HAT celular proporciona una conexión de datos simplificada para proyectos de IoT remotos, en el campo, en todo el mundo, en todas partes. Comience a usar una conexión LTE de alta velocidad con bajo consumo de energía en un factor de forma delgado con todo el software necesario para Raspberry Pi.

- LE 910Cx Mini PCIe Series Linux

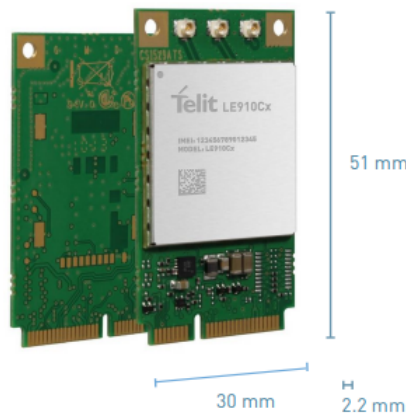


Figura 13: LE 910Cx Mini PCIe Series Linux

Los módulos Mini PCIe (mPCIe) de la serie LE910Cx son optimizadas para redes LTE de baja categoría y están disponibles en modo único de LTE o con opciones de respaldo 3G/2G.

- **LTE Main Diversity GNSS Triple Port u.FL Antenna de 100mm**



Figura 14: LTE Main Diversity GNSS Triple Port u.FL Antenna de 100mm

Antenas LTE principal y Diversity combinadas con una antena GNSS en una sola antena formada. Ajuste directo para el módulo Mini PCIe LTE de Quectel EC25, Telit LE910C1 y Telit LE910C4.

Tomando en cuenta las medidas anteriormente mencionadas, se presenta un bosquejo del diseño modular para la unidad contenedora, cabe aclarar que la siguiente propuesta puede presentar modificaciones durante el desarrollo del proyecto, con el fin de cumplir con las necesidades del sistema y presentar un diseño acorde a los cambios.

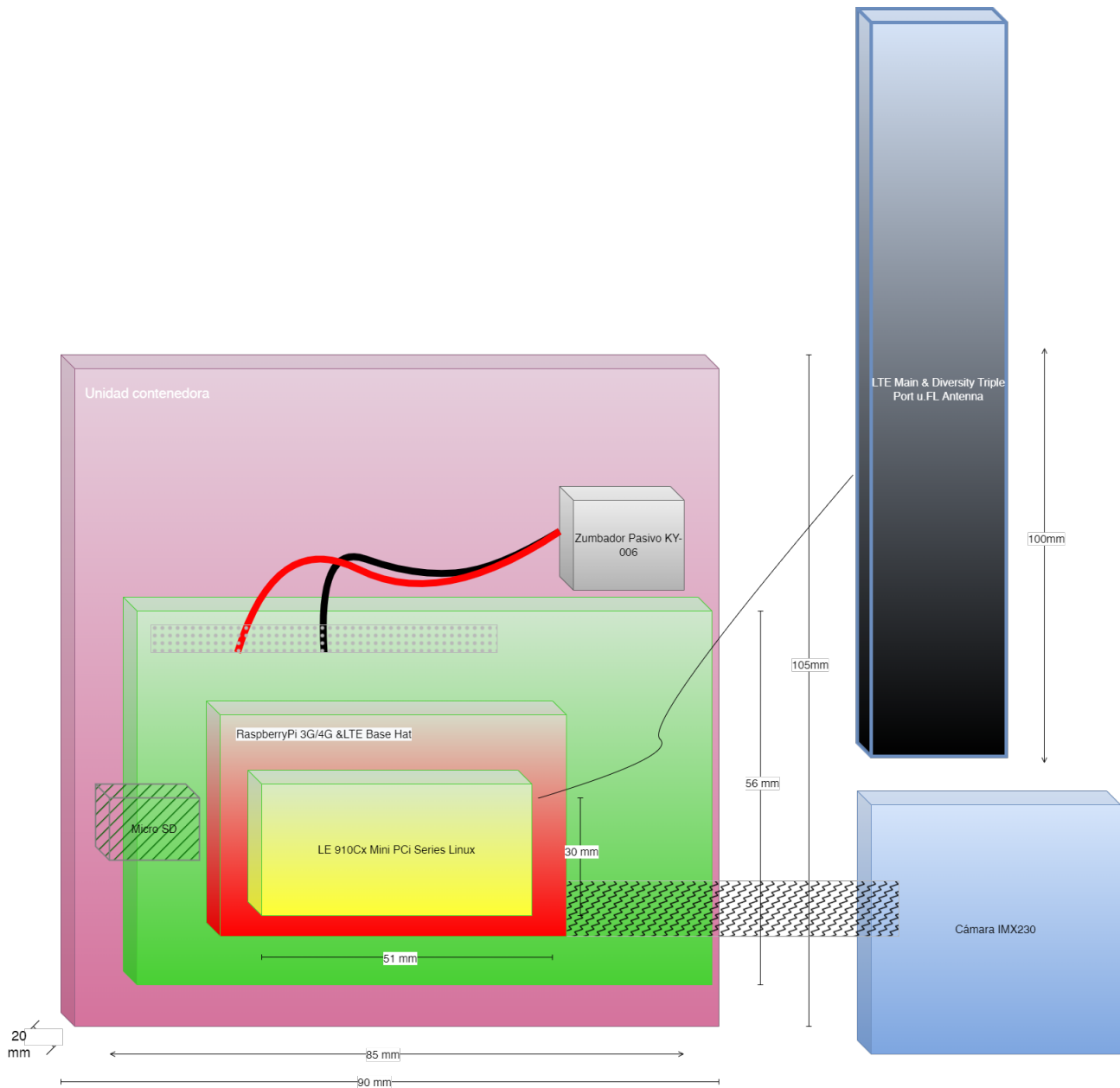


Figura 15: Unidad Contenedora del Módulo Central de Procesamiento

8. Análisis del Módulo de Estación Base

9. Diseño del Módulo de Estación Base

10. Búsqueda de servidores de alojamiento

Para el presente proyecto se requiere una capacidad de almacenamiento que nos permita el uso de archivos multimedia. Primero, veremos los diferentes tipos de medios que puede hospedar y qué funciones de hospedaje necesita para admitir esos medios.

Contenido Multimedia	Ejemplos
Imágenes	JPEG, GIF, archivos TIFF
Audio	MP3, WAV, AAC
Video	MP4, Youtube, QuickTime

Tabla 7: Tipos de Contenido Multimedia

El alojamiento de multimedia sugiere que el propietario de un sitio almacene y entregue una gran cantidad de imágenes, archivos de audio o videos, y los proporcione a como su contenido principal, a diferencia de los sitios que solo necesitan unos pocos recursos de medios para complementar principalmente los basados en texto. A continuación se describen los puntos mas importantes a considerar si se decide a tener un alojamiento basado en multimedia:

- **Ancho de banda**

Un plan de alojamiento en la nube le permite pagar por un uso menor durante las horas de menor actividad y explotar cuando recibe mucho tráfico. En pocas palabras, pagas por lo que utilizas. La flexibilidad de la computación en la nube ha llevado incluso a Netflix a abandonar la mayoría de sus centros de datos en favor del alojamiento en la nube de Amazon.

- **Almacenamiento**

Si se tiene una gran cantidad de archivos multimedia, entonces se requiere gran capacidad de almacenamiento. Lo ideal sería contar con almacenamiento ilimitado, pero esto no sería costeable. Se debe de analizar un aproximado de almacenamiento necesario y en base a eso se deberá elegir el plan de almacenamiento que mejor cubra esas necesidades.

- **CDN (*Content Delivery Network*)**

Lo último que debe considerar con el alojamiento de medios es una red de entrega de contenido o CDN. Una CDN intenta mejorar el rendimiento de la transmisión de medios mediante la ubicación de servidores que están geográficamente cerca del usuario mediante sofisticados algoritmos de ubicación.

Sabiendo lo anterior, se analizarán distintos proveedores de alojamiento con la intención de saber cual de ellos se adapta mejor a nuestras necesidades.

- **AWS Amplify Hosting**

AWS Amplify Hosting es un servicio de alojamiento y CI/CD *Continuous Integration/Continuous Delivery* completamente auto administrado para aplicaciones estáticas, rápidas, seguras, fiables, renderizadas del lado del servidor y que escalan con su empresa. Es compatible con marcos web modernos como React, Angular, Vue, Next.js, Gatsby, Hugo, Jekyll, entre otros. Algunas de sus principalmente ventajas son:

- **Implementación de contenido web con rapidez**

AWS permite la implementación continua de una aplicación web estática o renderizada del lado del servidor, una página de inicio de la aplicación móvil o una aplicación progresiva en cada confirmación de código.

- **Alojamiento confiable cerca de los usuarios**

AWS Amplify Hosting cuenta con la red de entrega de contenido (CDN) de Amazon CloudFront, con cientos de puntos de presencia en todo el mundo.

- **Mayor Velocidad de Producción**

Cuenta con una alta velocidad del ciclo de lanzamiento de su aplicación con flujos de trabajo de CI/CD integrados, versiones preliminares de solicitudes de extracción y pruebas.⁷

- **Monitoreo**

AWS cuenta con un sistema de monitoreo de tráfico en tiempo real. También permite crear alarmas personalizadas para enviar notificaciones cuando la métrica haya superado el límite establecido.

- **Precio**

AWS cuenta con dos planes, uno gratuito y otro de paga, a continuación se detallan las características de cada uno.

Aloje una aplicación Gratuito por 12 meses	Aloje una aplicación Pago por uso
Implemente fácilmente su aplicación web o sitio web en la red de entrega de contenido (CDN) de AWS rápida, segura y confiable mediante Amplify Hosting.	¿Necesita más capacidad que el nivel gratuito? Amplify cambia a los precios de pago por uso una vez que supera los límites del nivel gratuito, sin interrupciones en sus aplicaciones.
CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN	CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN
Sin costo hasta los 1000 minutos de creación por mes	0,01 USD por minuto
ALMACENAMIENTO DE DATOS	ALMACENAMIENTO DE DATOS
Sin costo hasta los 5 GB almacenados en la CDN por mes	0,023 USD por GB por mes (este cargo se repite hasta que se elimine la aplicación)
TRANSFERENCIA SALIENTE DE DATOS	TRANSFERENCIA SALIENTE DE DATOS
Sin costo hasta los 15 GB por mes	0,15 USD por GB servido

Figura 16: Tipos de Planes de AWS Amplify

■ A2Hosting

Además de los planes de alojamiento, en A2 Hosting también puede obtener nombres de dominio y sus precios son justos. Por ejemplo, un nombre de dominio .com le costará \$14.95 por año. Entre otras extensiones, puedes adquirir: dominios .com, .info, .net y .org. Los TLD específicos de países como .co.uk, .de, .fr, .es o .au no están disponibles. Algunas de sus características se listan a continuación:

- **Alojamiento Compartido**

A2Hosting es muy popular por sus planes de alojamiento compartido. Su costo de renovación va desde \$10.99 a \$25.99 por mes. Es el que necesitarán la mayoría de los proyectos, a menos que tenga un sitio con mucho tráfico o necesite una configuración de servidor especial.

- **VPS**

VPS significa servidor privado virtual. Es una forma de dividir un servidor en (sub)servidores individuales más pequeños. Esto significa que se puede configurar de acuerdo a las necesidades del cliente y no tener que compartir recursos con otros clientes. Un VPS en A2 Hosting cuesta desde tan solo \$7.65 al mes hasta alrededor de \$200.

- **CDN**

A2 Hosting no ofrece servicio de CDN, sin embargo sus planes ofrecen la posibilidad de contratar un servicio de CDN proveedores externos pagando un precio extra del precio base dependiendo del plan contratado.

- **HostGator**

- **Tiempo de Respuesta**

HostGator posee tiempos de respuesta mínimos para el territorio de EEUU. No tanto así para el resto del mundo. Esto debido a que solo poseen dos centros de datos, uno en el área este de EEUU y otro en el área oeste. A continuación se muestra una comparación de los tiempos de respuesta de distintos territorios del mundo. Esta información es obtenida de la página de Bitcatcha, que se encarga de comparar los tiempos de respuesta de distintas páginas web desde distintos lugares del mundo.

US (W)	US (E)	London	Singapore	Sao Paulo
32 ms	36 ms	221 ms	221 ms	139 ms
Bangalore	Sydney	Japan	Canada	Germany
717 ms	205 ms	153 ms	36 ms	140 ms

Figura 17: Tiempos de Respuesta

- **Disponibilidad**

HostGator ofrece una disponibilidad del 99.9 %, esto quiere decir que los sitios que usen su servicio de alojamiento, rara vez tendrán problemas de disponibilidad.

- **Precios**

HostGator cuenta con dos tipos de planes, uno gratuito y uno de paga. El plan de gratuito ofrece hasta 2 GB de almacenamiento gratis. Sin embargo, el tipo de hosting es uno compartido, lo cual puede ocasionar lentitud en el tiempo de respuesta del sitio web. El plan de paga ofrece hasta 100 GB de almacenamiento y hosting individual, el precio de este plan es de 11.59 dls mensuales

- **CDN**

HostGator no cuenta con ningún tipo de CDN, si se requiere una CDN se tendría que contratar de manera externa sólo con el plan de paga.

■ BlueHost

Bluehost se destaca con sus opciones de alojamiento compartido y VPS, que son ideales para individuos, pequeñas empresas, blogueros y otros que necesitan un sitio web confiable. El hecho de que Bluehost haga que sea tan fácil crear y administrar un sitio también hace que su servicio sea excelente para aquellos que son nuevos en la ejecución de sitios web.

- **Precios** Bluehost tiene alojamiento para todo tipo de sitios web, lo que significa que tiene opciones a muchos precios diferentes. Puede comenzar con una cuenta básica de alojamiento compartido, que comienza en \$2.95 por mes. Si se necesita un servidor dedicado, los precios rondan desde \$119.99 por mes por la opción de gama alta.

- **Servidores de Alto Rendimiento**

Con los servidores de alto rendimiento, Bluehost asigna menos usuarios por servidor y cada usuario recibe un recuento de archivos de 300 000; esto significa más recursos informáticos por usuario, velocidades de carga constantes del sitio y menos tiempo de inactividad causado por usuarios deshonestos. Sin embargo sus servidores de alto rendimiento solo están disponibles con su plan Pro, que es mucho más caro que el resto de sus planes de alojamiento web compartido.

- **CDN**

Desafortunadamente, el servicio de hosting de BlueHost no cuenta con ninguna CDN, lo que puede significar una pérdida del tiempo de respuesta en cuanto al manejo de contenido multimedia.

11. Análisis de la aplicación Web

ID	Nombre corto del Requerimiento
<i>RF01</i>	<i>Iniciar Sesión</i>
Descripción: El sistema permitirá iniciar sesión en la aplicación web	
Elementos	
Solución del Requerimiento:	

12. Búsqueda Lenguajes de programación web

Con respecto al desarrollo web, hay distintos parámetros en los que basarnos para poder elegir un lenguaje o lenguajes de programación. El primero, es que tipo de aplicación web se va a desarrollar. El segundo, es el tipo de contenido que tendrá nuestra página web.

■ Javascript

JavaScript (JS) es un lenguaje de programación ligero, interpretado, o compilado justo-a-tiempo (just-in-time) con funciones de primera clase. Si bien es más conocido como un lenguaje de scripting (secuencias de comandos) para páginas web, también es un lenguaje de programación basada en prototipos, multiparadigma, de un solo hilo, dinámico, con soporte para programación orientada a objetos, imperativa y declarativa

A continuación se describen sus características más importantes:

- **Veloz**

Como lenguaje de programación interpretado, no tiene que compilarse cada vez que se ejecuta, lo que hace que el desarrollo y la depuración sean más rápidos para comenzar. Además, JavaScript encuentra más velocidad al ejecutarse como un script del lado del cliente, ejecutándose en el navegador sin conectarse al servidor y ahorrando recursos valiosos para cada usuario adicional.

- **Procesamiento asíncrono**

El procesamiento asíncrono es una de las características más útiles del lenguaje JavaScript. Usando JavaScript, un bloque del script no podrá detenerse o dejar que el otro bloque de código espere a que comience la respuesta. Si se está procesando una solicitud, otras también trabajarán en paralelo con la solicitud anterior en lugar de esperar la respuesta de la solicitud anterior. Ahorra mucho tiempo al ejecutar scripts en paralelo.

- **Poca carga de Procesamiento del servidor**

JavaScript permite realizar funcionalidades básicas en el lado del cliente. Esto significa que el servidor no tendrá que procesar las funcionalidades básicas que mejoran el rendimiento del servidor.

■ PHP

PHP es otro lenguaje de programación del lado del servidor conocido que se lanzó oficialmente en 1997. Este lenguaje de fondo está arraigado en HTML y normalmente se usa para el seguimiento de sesiones, el diseño de sitios de comercio electrónico y la administración de bases de datos y contenido dinámico.

- **Simplicidad**

PHP es uno de los lenguajes de programación back-end más simples. La sencillez de esta programación lo ha convertido en uno de los lenguajes más utilizados, especialmente para el desarrollo web.

- **Independencia de Plataforma** PHP es un lenguaje independiente de la plataforma. Esto significa que puede funcionar para todos los sistemas operativos y plataformas.

- **Tipado débil**

En el lenguaje de programación PHP, no necesita mencionar el tipo de datos de una variable antes de asignar el valor. El tipo de datos de la variable se basará en los datos almacenados en ella durante la ejecución.

- **Flexibilidad**

PHP es un lenguaje flexible, y se puede usar muy fácil y efectivamente con HTML, XML y JavaScript. Este lenguaje se puede incrustar e integrar fácilmente con estos lenguajes de secuencias de comandos para crear una aplicación.

- **Python**

El desarrollo web en Python no siempre es la elección principal para construir el lado del servidor de los sitios web. Este lenguaje es multipropósito, lo que significa que es utilizable en la mayoría de los campos de programación. Sin embargo, Python para el desarrollo web es también una sólida opción, atrayendo a la gente con su sintaxis simple, una variedad de marcos de trabajo, y un fuerte ecosistema general. Instagram, una de las redes sociales dominantes, utiliza Python para su plataforma, recibiendo millones de visitantes al día. A continuación se describen sus ventajas mas importantes:

- **Lenguaje Orientado a Objetos** Python es compatible con el paradigma de programación de la programación orientada a objetos. Esto significa que puede definir clases y objetos para escribir código estructurado para su programa o aplicaciones. Ayuda a comprender mejor el código y también a limpiar el código. El código puede ser reutilizado fácilmente usando los conceptos de programación orientada a objetos. Este permite reducir las líneas de código.

- **Librerías**

Python ofrece una amplia gama de bibliotecas, que incluyen diferentes tipos de funcionalidades. Por ejemplo, OpenCV es una biblioteca de Python para Computer Visions y Selenium se usa ampliamente para la automatización web y *web scraping*.

13. Elección del lenguaje de programación para la aplicación web

14. Diseño de la aplicación web

15. Cotización de materiales

16. Conclusiones

En un principio, se tenía contemplado utilizar la red LoRaWan para la comunicación y transferencia de archivos. Sin embargo, después de las actividades investigación, nos dimos cuenta de que esta opción no era viable, ya que el *bitrate* soportado por LoRaWan es insuficiente para la transferencia de archivos multimedia, que es una parte fundamental de nuestro sistema. Por tanto, se optó por utilizar la interfaz de LTE-M, una opción más costosa, pero que cumple los requisitos de una alta tasa de transferencia, así como una buena integración con la Raspberry Pi 4.

En el caso del Submódulo de Procesamiento de imágenes, se tenía contemplado desarrollarlo de manera separada del submódulo de *machine learning* pero después de haber realizado un análisis más profundo, se decidió integrarlo dentro de este mismo. Esto para el ahorro de recursos de procesamiento y conseguir una mejor comunicación entre procesos. En un siguiente reporte, se terminará por diseñar la Red Neuronal Convolucional, así como el diseño del Módulo de Telemetría y de la Estación Base.

Pará el diseño de la unidad de almacenamiento se obtuvo un bosquejo prototipo, sin embargo, se tiene contemplado rediseñar el modelo con el fin de mejorar y adaptarla los cambios del sistema a futuro.

17. Bibliografía

Referencias

- [1] Gupta , S. (2022) *Best language for machine learning: Which should you learn?*, Springboard Blog. Springboard . Available at: <https://www.springboard.com/blog/data-science/best-language-for-machine-learning/> (Accessed: October 30, 2022).
- [2] Irv Kalb, *Object-Oriented Python*, Primera Edición ,No Starch-Press, 2021
- [3] V.Moret Bonillo, *Fundamentos de Inteligencia Artificial*, Segunda Edición,Santiago de Compostela: Universidad de La Coruña Servicio de Publicaciones, 2005.
- [4] Ian Sommerville, *Ingeniería de Software*, Novena Edición , Pearson Educación de México, 2011
- [5] Kenneth E. Kendall, Julie E. Kendall, *Análisis y Diseño de Sistemas*, Octava Edición , Pearson Educación de México, 2011
- [6] Aurélien Géron, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and Tensorflow*, Segunda Edición , O'Reilly, 2009
- [7] Kurt Demaagd, Anthony Oliver, Nathan Oostendorp y Katherine Scott *Practical Computer Vision with OpenCV*, Tercera Edición, O'Reilly, 2017
- [8] Cuno Plister, *Getting Started with Internet of Things*,Primera Edición, O'Reilly, 2011
- [9] Vilca Espinoza, R.A, *Influencia de un sistema de geolocalización en el control y monitoreo de vehículos con dispositivos GPS en una empresa logística*, 2007