

**DISEÑO DE DISPOSITIVO DE SEGUIMIENTO GPS APLICADO AL TRANSPORTE  
PÚBLICO DE PASAJEROS**

**MIGUEL ÁNGEL VARGAS ROMERO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
TUNJA  
2019**

**DISEÑO DE DISPOSITIVOS DE SEGUIMIENTO GPS APLICADO AL TRANSPORTE  
PÚBLICO DE PASAJEROS**

**MIGUEL ÁNGEL VARGAS ROMERO**

**PROYECTO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
TUNJA  
2019**

**NOTAS DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

**JURADO 1:** \_\_\_\_\_.

**JURADO 2:** \_\_\_\_\_.

**JURADO 3:** \_\_\_\_\_.

## **DEDICATORIA**

*Este proyecto se lo dedico a Dios por permitirme terminar mi carrera profesional satisfactoriamente por acompañarme durante todo el camino estudiantil y porque me acompañe de ahora en adelante. A mis padres, mi hermano, mi novia y mi amado hijo porque son las personas que más quiero y son mi apoyo incondicional que tengo para lograr mis objetivos.*

**Miguel Ángel Vargas.**

## AGRADECIMIENTOS

*Le doy gracias a Dios por permitirme cumplir esta etapa de mi vida de ser ingeniero electrónico y por guiarme durante todo el camino para lograr este objetivo, también por el constante apoyo que me dieron mis padres Miguel Vargas y Claudia Romero, les agradezco infinitamente por brindarme su confianza y por ayudarme incondicionalmente durante toda mi carrera; de igual forma quiero agradecer a mi hermano Juan Manuel por darme fortaleza, por sus consejos y por sus aportes que me hicieron mejorar cada día; también de todo corazón agradecer a mi novia Vanessa y a mi hijo Miguel Andrés por ser mi inspiración todos los días para seguir adelante, porque son el motivo de lucha constante para lograr mis metas y además son el impulso para mejorar día a día. A mis amigos y compañeros con los cuales compartí muchas experiencias y a mis maestros e ingenieros que me brindaron todo su conocimiento y me formaron como profesional.*

**Miguel Ángel Vargas.**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN _____	16
1.Introducción _____	17
2.Justificación _____	18
3.Planteamiento del problema _____	19
4.Objetivos _____	20
4.1 Objetivo general _____	20
4.2 Objetivos específicos _____	20
5.Marco teórico y conceptual _____	21
5.1 GPS _____	21
5.2 Geo posicionamiento _____	22
5.3 GPRS _____	23
5.4 PESV _____	23
5.5 Microcontrolador Arduino mega 2065 _____	24
5.6 Sensores _____	26
5.6.1 DHT11 Sensor de humedad y temperatura _____	27
5.6.2. YL-83 Sensor de lluvia _____	27
5.6.3. KY-031 Sensor de choque _____	27
5.6.4. Sensor de puerta _____	27
5.6.5. Sensor de pánico _____	27
5.7. Lector RFID _____	29
5.8. Acelerómetro y giroscopio _____	30
5.9. Pantalla GLCD _____	31
5.10. Protocolo NMEA _____	32
5.10.1 GGA _____	33
5.10.2 GSA _____	33
5.10.3 GSV _____	34
5.10.4 RMC _____	35
5.11. Comandos AT _____	35
6. Estado del arte _____	37
6.1. Referencias internacionales _____	37
3.2. Referencias nacionales _____	39

7. Metodología	40
8. Estudio de implementación propuesta	41
8.1 Arquitectura de actores	41
9. Resultados	42
9.1. Recopilación de la información	42
9.2. Análisis de variables	42
9.3. Diseño preliminar	43
9.4 Definición de Hardware	46
9.5. Construcción del prototipo	48
9.5.1 Fabricación	48
9.5.2 Ensamble	51
9.6. Programación	53
9.7 Pruebas generales	55
9.8. Ajustes	56
9.8.1. Mejoras en componentes utilizados	57
9.9. Puesta en servicio	62
10. Aportes derivados del trabajo	63
10.1. Recursos disponibles	64
11. Conclusiones	66
12. Recomendaciones y mejoras	67
13. Bibliografía	68
14. Anexos	69

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sensores utilizados en el dispositivo.....	28
Tabla 2. Parámetros eléctricos por componente.....	43
Tabla 3. Frecuencias de operación. ....	44
Tabla 4. Definición de funciones del dispositivo.....	46
Tabla 5. Ambiente de trabajo del dispositivo.....	46
Tabla 6. Presupuesto de componentes.....	47
Tabla 7. Métodos de fabricación de PCB.....	49
Tabla 8. Comparación de microcontroladores. ....	64

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de sistemas satelitales. _____	21
Figura 2. Posición mediante la triangulación de satélites _____	22
Figura 3. Sistema de transmisión de GPRS. _____	23
Figura 4. Pilares del PESV decreto 2851 de 2013. _____	24
Figura 5. Microcontrolador Arduino mega 2065. _____	26
Figura 6. Módulo lector RFID RDM6300 125KHZ. _____	29
Figura 7. Módulo MPU6050 acelerómetro y giroscopio. _____	31
Figura 8. Display pantalla gráfica GLCD 128x64. _____	32
Figura 9. Metodología propuesta para el desarrollo del proyecto. _____	40
Figura 10. Definición de actores de la implementación propuesta. _____	41
Figura 11. Diseño en vista 2d. _____	44
Figura 12. Diseño 3D de dispositivo. _____	45
Figura 13. Diseño de circuitos impresos. _____	45
Figura 14. Fabricación de PCB. _____	50
Figura 15. Carcasa, sensores, batería y pantalla del dispositivo. _____	51
Figura 16. Ensamble inicial de los componentes. _____	52
Figura 17. Pruebas de la cámara en diferentes vehículos. _____	55
Figura 18. Ensamble parte inferior modificada. _____	56
Figura 19. Ensamble parte superior modificada con los nuevos componentes. _____	57
Figura 20. Modificación sensor de humedad y temperatura. _____	58
Figura 21. Modificación de la batería. _____	58
Figura 22. Modificación del lector RFID. _____	59
Figura 23. Modificación de la memoria eeprom. _____	60
Figura 24. Modificación de los módulos bluetooth, wifi y lector sd a módulo ESP32. _____	60
Figura 25. Modificación de la conectividad de la GLCD. _____	61
Figura 26. Modificación de la carcasa principal. _____	61
Figura 27. Modificación de la carcasa del módulo ESP32. _____	62
Figura 28. Interfaz de la aplicación Android. _____	63

**LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Presupuesto de componentes comprados en China. ....	69
Anexo 2. Hojas de especificaciones de cada componente. ....	71
Anexo 3. Espectro de frecuencias en Colombia.....	72
Anexo 4. Polímeros usados en impresión 3D. ....	73
Anexo 5. Diseño 3D de componentes -Vista interna - .....	74
Anexo 6. Diseño 3D de componentes -Vista exterior -.....	75
Anexo 7. Diseño 3D de componentes – Cámara - .....	76

## Glosario

### A

#### ABS

El acrilonitrilo butadieno estireno o ABS, es un plástico muy resistente al impacto (golpes) muy utilizado en automoción y otros usos tanto industriales como domésticos. Es un termoplástico amorfo. ....72

#### Android

Es un sistema operativo móvil desarrollado por Google, basado en Kernel de Linux y otros software de código abierto. ....15

#### Arduino

Es una compañía de desarrollo de software y hardware libres, así como una comunidad internacional que diseña y manufactura placas de desarrollo de hardware para construir dispositivos digitales y dispositivos interactivos que puedan detectar y controlar objetos del mundo real. ....23

#### Atmel

Compañía de semiconductores, antes de ser adquirida por Microchip Technology Inc. en 2016. Fue fundada en 1984. Su línea de productos incluye microcontroladores. ....63

#### Azimut

Se refiere a un ángulo de la orientación sobre la superficie de una esfera real o virtual.....33

### B

#### Baud rate

La tasa de baudios (en inglés baud rate) —también conocida como baudaje— es el número de unidades de señal por segundo. Un baudio puede contener varios bits. ....28

#### Baudios

El baudio (en inglés baud) es una unidad de medida utilizada en telecomunicaciones, que representa el número de símbolos por segundo en un medio de transmisión digital. Cada símbolo puede comprender 1 o más bits, dependiendo del esquema de modulación.....31

#### BeiDou

Es un sistema de navegación por satélite chino. Se compone de dos constelaciones de satélites separadas. ....20

### C

#### CNC

Control numérico computarizado, es el uso de una computadora para controlar y monitorear los movimientos de una máquina de herramienta. ....47

#### CRC

Comisión de regulación de comunicaciones. ....33

**D****DOP**

La dilución de precisión ( DOP ), o la dilución geométrica de precisión ( GDOP ), es un término usado en la navegación por satélite y geomática ingeniería para especificar el efecto multiplicativo adicional de la geometría de navegación por satélite en la precisión de medición de posición. ....32

**E****EEPROM**

Son las siglas de Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM programable y borrable eléctricamente). Es un tipo de memoria ROM que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante un aparato que emite rayos ultravioleta. Son memorias no volátiles.....24

**Efemérides**

Es una tabla de valores que da las posiciones de los objetos astronómicos en el cielo en un momento o momentos dados. ....21

**F****Floating RTK**

RTK (del inglés Real Time Kinematic) o navegación cinética satelital en tiempo real, es una técnica usada para la topografía y navegación marina basado en el uso de medidas de fase de navegadores con señales GPS, GLONASS y/o de Galileo.....32

**Freescale**

Compañía fabricante Estadounidense de semiconductores. Fue creado a partir de la división de semiconductores de Motorola en 2004. Su negocio se centraba en el mercado de los sistemas integrados y las comunicaciones.....63

**G****GALILEO**

Es el sistema europeo de radionavegación y posicionamiento por satélite desarrollado por la Unión Europea (UE) conjuntamente con la Agencia Espacial Europea.....20

**GLONASS**

Es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) desarrollado por la Unión Soviética, siendo hoy administrado por la Federación Rusa y que constituye el homólogo del GPS estadounidense y del Galileo europeo.....20

**GPRS**

El servicio general de paquetes vía radio, en inglés

General Packet Radio Service (GPRS), fue creado en la década de los 80 Una conexión GPRS está establecida por la referencia a su nombre de punto de acceso (APN). ....22

**GPS**

Sistema de Posicionamiento Global en inglés, Global Positioning System, es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de cualquier objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros..... 15

**GSM**

El sistema global para las comunicaciones móviles (del inglés Global System for Mobile communications, GSM, y originariamente del francés groupe spécial mobile) es un sistema estándar, libre de regalías, de telefonía móvil digital. .... 22

**H****HIPS**

Poliestireno de Alto Impacto es una de las variedades existentes dentro de los poliestirenos. Dado que el poliestireno es un polímero muy frágil a temperatura ambiente, se modifica mediante la adición de polibutadieno ..... 72

**I****Iridium**

Es el nombre de una constelación de 66 satélites de comunicaciones que giran alrededor de la Tierra en 6 órbitas bajas LEO (Low Earth Orbit), a una altura aproximada de 780 km de la tierra. Cada una de las 6 órbitas consta de 11 satélites equidistantes entre sí..... 20

**L****Lector RFID**

RFID o identificación por radiofrecuencia (del inglés Radio Frequency Identification), es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID. .... 15

**LSBs/dps**

Bit menos significativo (LSB o Least Significant Bit, en sus siglas en inglés), es la posición de bit en un número binario que tiene el menor valor (el situado más a la derecha). En ocasiones, se hace referencia al LSB como el bit del extremo derecho. .... 29

**M****Memoria SD**

Secure Digital (SD), es un dispositivo en formato de tarjeta de memoria para dispositivos portátiles..... 59

**Microcontrolador**

Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales que cumplen una tarea específica. .... 23

**N****NMEA**

El protocolo NMEA es un medio a través del cual los instrumentos marítimos y también la mayoría de los receptores GPS pueden comunicarse los unos con los otros. Ha sido definido, y está controlado, por la organización estadounidense National Marine Electronics Association .....31

**P****PCB**

Placa de circuito impreso, es una superficie constituida por caminos, pistas o buses de material conductor laminadas sobre una base no conductora. ....43

**PDOP (dilución de precisión)**

(Dilución de Precisión en Posición), describe el error causado por la posición relativa de los satélites GPS. Básicamente, cuantas más señales pueda “ver” un receptor GPS (separadas frente a cercanas), más precisas pueden ser. ....33

**PETG**

Polietileno tereftalato modificado .....72

**PLA**

El ácido poliláctico o poliácido láctico (PLA) es un polímero constituido por elementos similares al ácido láctico, con propiedades semejantes a las del tereftalato de polietileno (PET) que se utiliza para hacer envases.....47

**Pull-up**

En electrónica se denomina pull-up a la acción de elevar la tensión de salida de un circuito lógico, a la tensión que, por lo general mediante un divisor de tensión, se pone a la entrada de un amplificador con el fin de desplazar su punto de trabajo.....29

**PWM**

Es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica, ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga .....24

**S****SRAM**

Son las siglas de la voz inglesa Static Random Access Memory, que significa memoria estática de acceso aleatorio (o RAM estática), para denominar a un tipo de tecnología de memoria RAM basada en semiconductores, capaz de mantener los datos, mientras siga alimentada, sin necesidad de circuito de refresco. ....24

**T**

## Telescopio Espacial Hubble

Es un telescopio que orbita en el exterior de la atmósfera, en órbita circular alrededor del planeta Tierra a 593 kilómetros sobre el nivel del mar, con un período orbital entre 96 y 97 minutos.  
.....20

## TTL

«Lógica transistor a transistor». Es una tecnología de construcción de circuitos electrónicos digitales. En los componentes fabricados con tecnología TTLRS los elementos de entrada y salida del dispositivo son transistores bipolares .....28

**U**

## UARTs

Transmisor-Receptor Asíncrono Universal, es el dispositivo que controla los puertos y dispositivos serie. Se encuentra integrado en la placa base o en la tarjeta adaptadora del dispositivo. ....24

## RESUMEN

Este proyecto abarca un análisis de las funciones y las capacidades que debe tener un dispositivo de seguimiento GPS aplicado al sector de transporte público de pasajeros, almacena información que reciben diversos sensores y de un módulo GPS; mediante sensores obtenemos las variables de lluvia temperatura y humedad apertura de puerta y botón de pánico. Además, tiene implementado una cámara para poder tomar fotografías automáticamente en el momento que se abre o se cierra la puerta de pasajeros. Esto con el fin de llevar un control más preciso del flujo de pasajeros en un uso cotidiano del vehículo.

Por otra parte, este proyecto cuenta con un dispositivo de conexión bluetooth y conexión wifi para subir o entregar la información recolectada a un usuario o almacenarla en la nube, también se desarrolló una aplicación Android para configurar el dispositivo y poder recibir información. El aparato también cuenta con un lector RFID para tener un control de la persona que este manejando el vehículo, de igual forma cuenta con una pantalla donde nos indica el estado de cada uno de los sensores, la conectividad en la que se encuentra, el estado de batería y el estado del dispositivo.

## 1. Introducción

El transporte público de pasajeros es un sector que crece en Colombia año a año y a la par de este crecimiento crecen las contingencias que sobre este sector pueden acontecer, estamos hablando de contingencias menores como frenadas bruscas o excesos de velocidad y mayores como accidentes o reparaciones de alto impacto al vehículo. En la actualidad el ministerio de transporte está exigiendo una serie de acciones encaminadas a controlar los múltiples aspectos que pueden afectar el buen uso de un vehículo, es así que se exigen directrices respecto al control mecánico preventivo del vehículo, directrices enfocadas a la capacitación de las personas que manejan los vehículos y lineamientos respecto a buen uso de estos automotores para de este modo disminuir eventualidades en la vía.

En el apartado tecnológico el ministerio de transporte exige el uso de un aparato GPS con capacidad de reportes y un servicio web asociado que permita tener acceso a la información de manera remota, este dispositivo está enfocado a poder hacer un seguimiento y una trazabilidad de la ubicación y velocidad del vehículo mostrando solo uno de los aspectos a tener en cuenta al momento de manejar un automotor y no teniendo en cuenta parámetros que también afectan el buen manejo de un vehículo como lo son los factores ambientales alrededor y los factores humanos al interior.

En estos momentos en los que la tecnología puede censar y medir casi todo y que existen diferentes medios tecnológicos a través de los cuales transmitir esta información permite plantear un dispositivo que tenga mayores capacidades y que brinde un beneficio adicional a solo conocer la ubicación del vehículo en un momento dado.

## 2. Justificación

El Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV), es un documento creado por el ministerio de transporte que da a establecer directivas enfocadas a realizar acciones que eleven la seguridad vial y eviten los accidentes de tránsito, estas acciones apuntan a mejorar los procesos en cuatro pilares fundamentales, uno de ellos el apartado de “vehículos seguros”, puede ser complementado con la incorporación de un dispositivo de seguimiento GPS como el que el presente documento propone diseñar.

Es así como el proyecto tiene un importante alcance social ya que pretende dar a los dueños de los vehículos y a las empresas de transporte mayor cantidad de información respecto al uso del vehículo y hábitos de manejo de los conductores, esto permite mejorar la calidad del servicio al usuario final. La solución propuesta abarca no solo a las grandes transportadoras, sino que puede ser aplicada a vehículos de otros sectores ya que busca tener mayor seguridad tanto para el vehículo como para las personas que se transportan en él, además de otras funciones tan importantes como el cumplimiento de itinerarios y uso eficiente del combustible y demás recursos. Este interés es también del gobierno en cuánto a prestar un servicio más seguro al pasajero.

Un análisis preliminar sobre los productos que el mercado colombiano ofrece para un sector específico como el sector transporte público de pasajeros, muestra que existe una ventana de oportunidad para el diseño de un equipo de seguimiento GPS con características específicas que atiendan a la necesidad de información detallada sobre el vehículo, porque servicios como estos se enfocan a la video vigilancia muy común en estos días en ambientes domésticos pero que al momento de ser implementados en vehículos incrementan sus costos de operación significativamente ya que grabar video en vehículos presenta inconvenientes de uso, el presente proyecto busca cambiar el enfoque manteniendo la capacidad de vigilancia encaminándola hacia la foto telemetría, haciendo que podamos solucionar a una problemática con otras herramientas tecnológicas.

Desde el punto de vista tecnológico, la principal idea con este nuevo proyecto es innovar y sacar al mercado un nuevo producto que contenga funcionalidades y aplicaciones que no ofrecen otras compañías ya que el área de trabajo es muy competitiva, a lo que se quiere llegar es poder solucionar un problema cotidiano en el sector del transporte haciendo desarrollos tecnológicos con una identificación plena de la problemática que existe, un planteamiento de solución con ingeniería electrónica, una programación previa al fin que se quiere llegar, un acompañamiento constante de un tutor para así obtener un buen resultado y finalmente una ejecución eficiente para poder cumplir los objetivos propuestos.

### 3. Planteamiento del problema

Los equipos de posicionamiento de GPS son muy comunes y de uso frecuente, en el mercado existe una gran variedad de dispositivos los cuales desde el punto de vista funcional dan la ubicación con un cierto grado de precisión y un factor de error, cada uno de estos equipos posee los mismos módulos que les permiten operar siendo el factor diferenciador entre los equipos la calidad de componentes usados y los algoritmos que usan estos módulos para operar.

El sector de transporte de pasajeros tiene una mayor exigencia según la ley en cuanto al cumplimiento de las normas y las leyes que a vehículos aplican, cada vehículo de transporte de pasajeros tiene que cumplir con una serie de requisitos para poder operar a diario y los dispositivos GPS pueden ayudar a la operación de los vehículos convirtiéndose en el recurso capaz de monitorear de forma remota cada vehículo en tiempo real, pero con las exigencias realizadas a los vehículos y las funciones genéricas que poseen los aparatos de GPS se hace necesario el diseño de un aparato que pueda recolectar la mayor cantidad de información del vehículo de manera muy similar a las cajas negras que poseen los aviones.

De acuerdo con lo anterior el problema que propongo solucionar es la incorporación de un equipo que monitoree, guarde y analice la mayor cantidad de información posible sobre el estado del vehículo, de tal forma que este se hace más seguro de operar ya que con la información recolectada se pueden realizar correcciones preventivas que mejoren el uso del vehículo y alarguen su vida útil. En la actualidad no hay ninguna compañía que ofrezca este servicio, las que hay actualmente ofrecen productos similares y ninguna soluciona la problemática actual planteada.

Existen diferentes escenarios o ejemplos de uso en los que se hace necesario contar información detallada del vehículo:

1. En el uso diario para conocer su factor de uso y desgaste del vehículo.
2. Cuando se quiere controlar el uso del vehículo porque se quiere acatar la legislación respecto al transporte de pasajeros.
3. Para evaluar los hábitos de manejo de los conductores de los vehículos.
4. En un incidente de tránsito resulta de vital importancia conocer los pormenores del suceso, conocer los parámetros de los sensores del vehículo y las acciones realizadas por el conductor momentos previos al incidente puede ayudar a determinar las causas del mismo.
5. A nivel de las empresas conocer un historial detallado de los vehículos de la flota de transporte de forma fácil y confiable reduce costos de operarios en taller y repuestos.

## 4. Objetivos

### 4.1 Objetivo general

- Diseñar un prototipo de dispositivo para monitoreo GPS capaz de almacenar la información generada de la actividad diaria de un vehículo usado para transporte público, de tal forma que se lean y almacenen diferentes variables captadas mediante sensores y que tenga la capacidad de conectividad de corto alcance a través de bluetooth y wifi.

### 4.2 Objetivos específicos

- Permitir la ubicación del vehículo mediante un sistema de GPS.
- Diseñar una comunicación remota con el vehículo mediante la red celular.
- Diseñar métodos de almacenamiento que permitan a la unidad guardar la información de diversos sensores tanto de comunicación digital como análoga.
- Incluir tecnología RFID y sensórica para captura de datos.
- Garantizar la autonomía de la unidad por un tiempo determinado después del corte de la alimentación principal.

## 5. Marco teórico y conceptual

### 5.1 GPS

Siglas de “Global Positioning System” que significa Sistema de Posicionamiento Global, podemos definir GPS como un sistema global de navegación por satélite que nos permite fijar a escala mundial la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave. La precisión del GPS puede llegar a determinar los puntos de posición con errores mínimos de centímetros, aunque en la práctica se hable de metros (aplicaciones civiles).

Los sistemas de posicionamiento global actualmente utilizados pueden ser GPS desarrollado por Estados Unidos, GLONASS implementado por Rusia, GALILEO que se encuentra en inicio de operaciones y fue ideado por Europa y BeiDou que ha sido desarrollado por China.

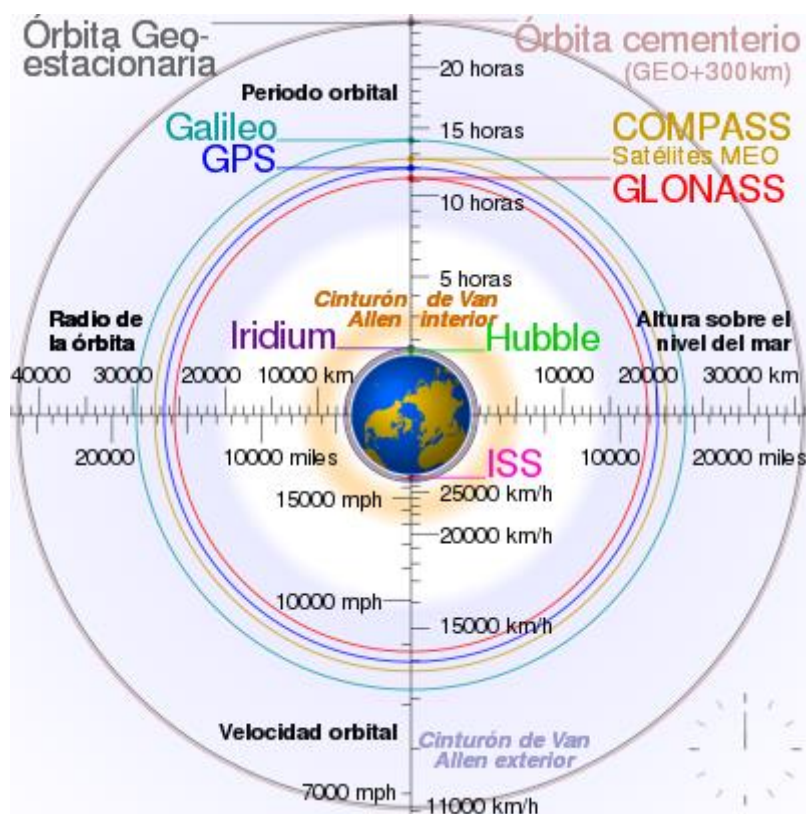


Figura 1. Comparación de sistemas satelitales.

GPS, GLONASS y Galileo (LEO); BeiDou o Compass (MEO), Telescopio Espacial Hubble y constelación Iridium (Geoestacionarios), órbita de la Luna y tamaño nominal de la Tierra. Recuperado de:

[https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Comparison\\_satellite\\_navigation\\_orbits.svg&lang=es](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Comparison_satellite_navigation_orbits.svg&lang=es)

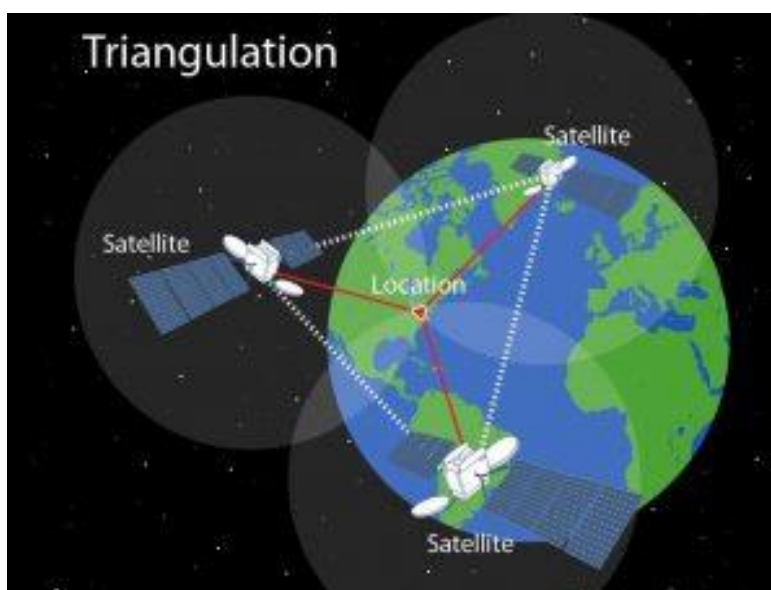
## 5.2 Geo posicionamiento

La palabra geo posicionamiento se refiere a ubicar una persona, o una cosa, sobre la superficie terrestre, generalmente especificando la latitud y longitud de la misma. Para objetos móviles se incluye también el tiempo de modo que la posición quede completamente determinada como función del tiempo.

El método más antiguo para geo posicionarse, o simplemente para orientarse, hace uso del sol y las estrellas. En particular, de noche la posición de la estrella polar se mantiene fija en el cielo y nos puede ayudar a estimar nuestra posición y la de los cuatro puntos cardinales. Otros métodos aproximados pueden hacer uso de que en el hemisferio norte los musgos en los árboles suelen crecer más en el lado norte que recibe menos luz solar y se mantiene más húmedo, o en el hecho de que algunas especies de hormigas construyen sus hormigueros con las entradas apuntando hacia el sur.

Para poder usar el sistema GPS se requiere contar con un receptor GPS. Dado que estos receptores son cada vez más baratos, la mayoría de los teléfonos celulares están equipados con uno de estos receptores. De modo que es muy probable que el lector pueda sacar su celular y geo posicionarse en cuestión de segundos.

El funcionamiento del sistema GPS requiere que el receptor GPS capte, e identifique las señales de al menos cuatro satélites GPS para poder efectuar el equivalente de una triangulación, con un cuarto parámetro agregado para encontrar el tiempo. Los satélites GPS a su vez mandan su posición y su trayectoria en lo que se conoce como “efemérides” de modo que las señales que recibe el receptor en un momento dado se pueden convertir a tres coordenadas de posición más una de tiempo.



**Figura 2. Posición mediante la triangulación de satélites.**

Recuperado de: <https://www.prometec.net/wp-content/uploads/2017/11/GPS-sat%C3%A9lites.jpg>

### 5.3 GPRS

Las siglas GPRS vienen de las palabras inglesas *General Packet Radio Service*, se basa en el sistema GSM de transmisión de voz, que fue de por sí una revolución mundial, al permitir comunicarse vía satélite, sin necesidad de cables ni conexión física a dos terminales móviles (el GSM fue diseñado para la llamada segunda generación de móviles).

La diferencia entre GSM y GPRS es que la primera está orientada a la transmisión de audio y la segunda a la de datos, y además mediante la tarjeta SIM de los celulares permite asignar una IP y por tanto integrar al móvil como un dispositivo más dentro de Internet, con su identificación propia.



**Figura 3. Sistema de transmisión de GPRS.**

Recuperado de: <https://www.motraking.com/wp-content/uploads/2018/05/GPS-tracker.jpg>

### 5.4 PESV

El Plan Estratégico de Seguridad Vial (PESV), es un instrumento de planificación para las acciones, mecanismos, estrategias y medidas, que deben adoptar de manera obligatoria las diferentes entidades públicas o privadas, para evitar y reducir la accidentalidad de los integrantes de sus organizaciones y disminuir los efectos de los accidentes de tránsito, el cual se creó en la Ley 1503 de 2011 y fue reglamentada por el decreto 2851 de 2013.

El PESV va dirigido a las empresas que para el cumplimiento de sus fines misionales o en desarrollo de sus actividades posean, fabriquen, ensamblen, comercialicen, contraten o administren

flotas de vehículos automotores y no automotores, sumados superen diez (10) y/o que, por otra parte, contraten o administren personal de conductores, deberán cumplir de manera obligatoria con lo establecido en las normas anteriormente mencionadas.

Sin embargo, la reglamentación no se limita a las empresas, también se refiere a la importancia y los lineamientos de la enseñanza de la educación vial desde el preescolar, la educación media y superior, pasando por el sector comunitario y llegando al sector empresarial como un actor clave en la protección de los conductores.



**Figura 4. Pilares del PESV decreto 2851 de 2013.**

Recuperado de: [https://static-2.ivoox.com/audios/1/8/6/4/6091574364681\\_MD.jpg](https://static-2.ivoox.com/audios/1/8/6/4/6091574364681_MD.jpg)

## 5.5 Microcontrolador Arduino mega 2065

Arduino Mega 2560 es una tarjeta de desarrollo de Hardware libre construida con el microcontrolador Atmega 2560, que le da sentido a su nombre. Forma parte del proyecto Arduino que involucra una comunidad internacional dedicada al diseño y manufactura de placas de desarrollo de Hardware.

Existen varios diseños de tarjetas diferentes, entre ellas se encuentra el Arduino Mega 2560 que cuenta con una serie de características que en función del proyecto que necesitemos realizar pueden ser una ventaja.

#### Características:

- ✓ El Arduino Mega 2560 tiene 54 pines de entrada/salida, de los cuales exactamente 14 de ellos pueden ser utilizados como salidas de PWM (Modulación por ancho de pulso), cuenta con otras 16 entradas analógicas y 4 UARTs (puertos serial).
- ✓ En cuanto a la velocidad del microcontrolador podemos decir que cuenta con un Cristal de 16MHz y una memoria Flash de 256K. Maneja un rango de voltaje de entrada de entre 7 y 12 volt, se recomienda una tensión de entrada planchada en 9 Volt.
- ✓ La comunicación entre la tarjeta Arduino y la computadora se establece a través del puerto serie, cuenta con un convertidor interno USB – SERIE de manera que no es necesario agregar ningún dispositivo externo para programar el microcontrolador.

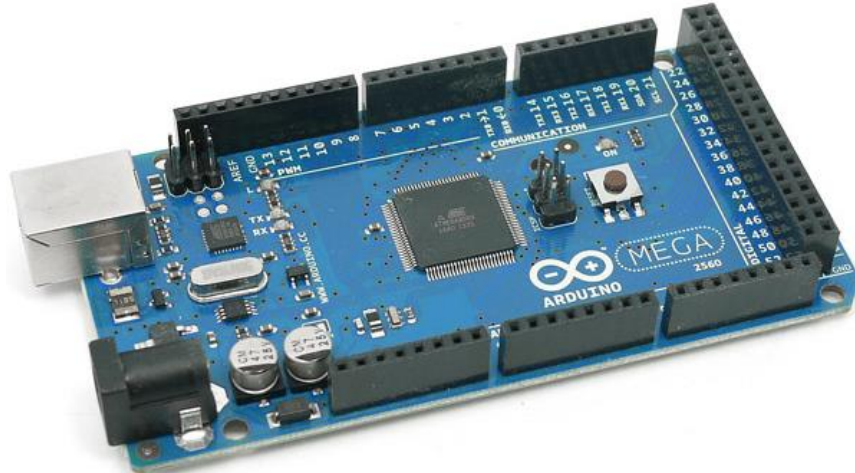
#### Especificaciones:

- ✓ Microcontrolador: ATmega2560
- ✓ Voltaje Operativo: 5V
- ✓ Tensión de Entrada: 7-12V
- ✓ Voltaje de Entrada(límites): 6-20V
- ✓ Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 14 proveen salida PWM)
- ✓ Pines análogos de entrada: 16
- ✓ Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA
- ✓ Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA
- ✓ Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader)
- ✓ SRAM: 8KB
- ✓ EEPROM: 4KB
- ✓ Clock Speed: 16 MHz

#### Ventajas:

Es una placa de desarrollo robusta de la familia, cuenta con un microcontrolador muy potente de 8 bits y es el que más pines tiene de todas las opciones posibles.

Tiene una memoria destinada a la programación elevada.



**Figura 5. Microcontrolador Arduino mega 2065.**

Recuperado de: <http://electrotekmega.com/producto/arduino-mega-compatible/>

## 5.6 Sensores

Un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una capacidad eléctrica, como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un transitorio), etc. Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo, el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Ejemplos de sensores son:

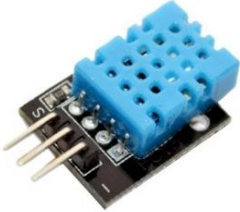




**5.6.1 DHT11 Sensor de humedad y temperatura** con una alta fiabilidad y estabilidad debido a su señal digital calibrada. A diferencia de sensores como el LM35, este sensor utiliza un pin digital para enviarnos la información y, por lo tanto, estaremos más protegidos frente al ruido.

**5.6.2. YL-83 Sensor de lluvia:** Sensor basado en un comparador LM393 para poder brindar una calibración y una salida digital configurable, adicionalmente tiene salida analógica si se desea hacer un análisis de la señal de porcentaje de lluvia, los componentes del sensor con tal pueden ser ensamblados pero la presentación dada en el sensor YL-83 hacen que su implementación y su utilización sea más sencilla.

**5.6.3. KY-031 Sensor de choque:** Sensor basado en una resistencia suspendida para medir la vibración o los impactos, el sensor elegido solo tiene salida analógica porque para poder determinar un impacto y choque se hace necesario el procesamiento de una determinada cantidad de información por parte del micro controlador, quedando descartados sensores con salida digital.

**5.6.4. Sensor de puerta:** La elección realizada para sensor de puerta es mediante sensor mecánico de estados, Normalmente ON / Normalmente Off, ya que las condiciones en las que va a operar no involucran ruidos ni vibraciones que puedan alterar el funcionamiento del sensor y generar falsas lecturas, el sensor elegido presenta facilidad de instalación teniendo presente que para su correcto funcionamiento al ser mecánico debemos implementar por código de programación una rutina anti rebote.

**5.6.5. Sensor de pánico:** Sensor mecánico normalmente abierto, su elección está dada por la utilización que se le quiere dar, se consideró el tamaño y la instalación final en el vehículo. Este sensor también debe tener la programación de una rutina anti rebote en el micro controlador.

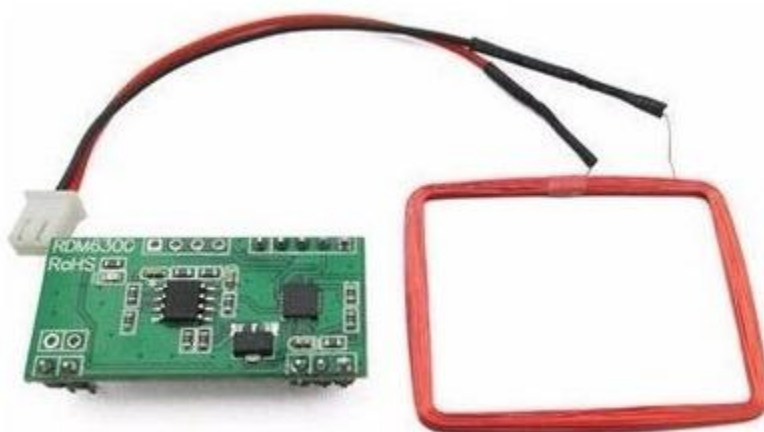
Sensor	Detalle	
DTH11	Humedad y temperatura	
YL-83	Lluvia y goteo	
	Sensor de puerta	
	Sensor de pánico	
KY-031	Sensor de choque o impacto	

**Tabla 1. Sensores utilizados en el dispositivo.**

## 5.7. Lector RFID

RFID o identificación por radiofrecuencia (del inglés Radio Frequency Identification), es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o transpondedores RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (automatic identification, o identificación automática).

Las etiquetas RFID (RFID tag en inglés) son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, un animal o una persona. Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las etiquetas pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las activas sí lo requieren. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia (en lugar, por ejemplo, de infrarrojos) es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor.



**Figura 6. Módulo lector RFID RDM6300 125KHZ.**

Recuperado de: <https://coupontop.net/e-es/item/32657393360>

Esta tarjeta se controla mediante comandos seriales TTL UART por lo que es compatible con cualquier microcontrolador o tarjeta de desarrollo tipo Arduino. Esta tarjeta solo funciona con TAGs de 125KHz por lo que si buscas de otra frecuencia revisa nuestros demás artículos.

Características:

- ✓ Frecuencia: 125KHZ.
- ✓ Baud rate: 9600.
- ✓ Interfaz: TTL, RS232.

- ✓ Voltaje de trabajo: DC 5V (+/-5%).
- ✓ Corriente de consumo: <50mA.
- ✓ Distancia de lectura: 20~50mm.
- ✓ Tamaño de la antena: 46\*32\*3mm.
- ✓ Tamaño del PCB: 38.5\*19\*9mm.

## 5.8. Acelerómetro y giroscopio

Este módulo está basado en el sensor MPU6050 y contiene todo lo necesario, medir movimiento en 6 grados de libertad, combinando un giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes en un mismo chip. Integra un DMP (Procesador digital de movimiento) capaz de realizar complejos algoritmos de captura de movimiento de 9 ejes.

Se comunica a través de una interfaz I2C y posee una librería muy difundida para su uso inmediato. Este sensor puede entregar 6 grados de libertad e incorpora un regulador de tensión a 3.3V y resistencias pull-up para su uso directo por I2C. Para su uso con Arduino se emplea la librería **i2cdevlib**. Su conexión es sencilla a través de su interfaz I2C master, permitiendo así controlar sensores externos adicionales como magnetómetros o barómetros, entre otros, sin intervención del procesador principal (economizar recursos).

Para una captura precisa de movimiento rápido y lento, posee un rango de escala programable de 250/500/1000/2000 grados/seg para el giroscopio y de 2g/4g/8g/16g para el acelerómetro.

### Características:

- ✓ Sensor: MPU6050
- ✓ Voltaje de operación: 3V/3.3V~5V DC
- ✓ Regulador de voltaje en placa
- ✓ Grados de libertad (DoF): 6
- ✓ Rango Acelerómetro: 2g/4g/8g/16g
- ✓ Rango Giroscopio: 250Grad/Seg, 500Grad/Seg, 1000Grad/Seg, 2000Grad/Seg
- ✓ Sensibilidad Giroscopio: 131 LSBs/dps
- ✓ Interfaz: I2C
- ✓ Conversor AD: 16 Bits (salida digital)
- ✓ Tamaño: 2.0cm x 1.6cm x 0.3cm



**Figura 7. Módulo MPU6050 acelerómetro y giroscopio.**

Recuperado de: <https://naylampmechatronics.com/sensores-posicion-inerciales-gps/33-modulo-mpu6050-acelerometro-giroscopio-i2c.html>

## 5.9. Pantalla GLCD

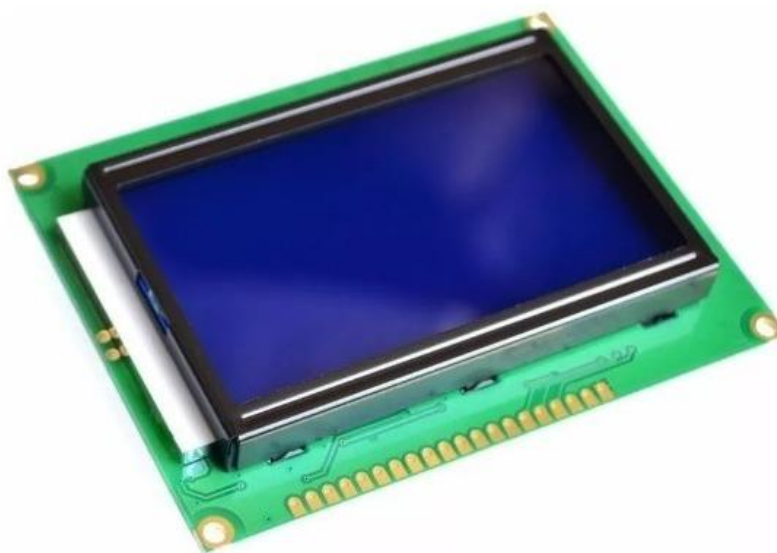
Una pantalla gráfica de cristal líquido o GLCD (acrónimo del inglés Graphic Liquid Crystal Display) es una pantalla plana formada por una matriz de píxeles monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica, hay versiones de pantallas con diferentes controladores embebidos, como el Samsung KS0107, Samsung KS0108 o el Toshiba T6963.

Dispone de una memoria RAM interna del mismo tamaño de la capacidad que dispone la pantalla, por ejemplo, si una pantalla tiene un tamaño de 128 píxeles de largo por 64 píxeles de alto (128x64) tiene una memoria RAM interna de la misma capacidad (128x64).

Por lo general son manejados por microcontroladores para la configuración y utilización de la misma.

Características:

- ✓ Conformado por una matriz de puntos de visualización de 128 píxeles de largo por 64 píxeles de alto.
- ✓ Su iluminación de fondo está entre verde-amarillo cuando se enciende.
- ✓ Fácil manejo con microprocesadores de 8-Bits.
- ✓ Bajo consumo.
- ✓ Contiene dos controladores internos un KS0108B y KS0107B.



**Figura 8. Display pantalla gráfica GLCD 128x64.**

Recuperado de: <https://naylampmechatronics.com/displays/350-display-lcd-grafico-128x64.html>

### **5.10. Protocolo NMEA**

Es una especificación combinada eléctrica y de datos entre aparatos electrónicos marinos y también, más generalmente, receptores GPS.

NMEA se creó para el intercambio de información digital entre productos electrónicos marinos. El primer protocolo estándar se llamó NMEA 0183, y es el que todavía utilizan y aceptan la mayoría de los equipos electrónicos que llevamos a bordo. Es un protocolo que define los requerimientos de datos y tiempo de transmisión en el formato serial a una velocidad de 4800 baudios (bits por segundo). Define también la norma que cada equipo sea emisor de NMEA y pueda ser escuchado por muchos receptores.

Esta es la más moderna y se mejora fundamentalmente en la velocidad de transmisión, pero no cambia en el concepto de conectividad. En la industria electrónica todos los GPS devuelven tramas de datos con sus separadores reglamentarios y letras de identificación, a este formato se le denomina NMEA 0183 y es el que se usa a nivel mundial en todos los dispositivos de navegación satelital.

El protocolo NMEA al ser un protocolo de comunicación marítimo posee diferentes tramas de información siendo las más importantes las siguientes por ser las que reflejan la mayor cantidad de información en su transmisión:

### 5.10.1 GGA

Datos de corrección esenciales que proporcionan datos de localización y exactitud en 3D.

Ejemplo:

\$ GPGGA, 123519,4807.038, N, 01131.000, E, 1,08,0,9,545.4, M, 46,9, M ^ {47}

Interpretación:

- 1- 123519 fecha hecha a las 12:35:19 UTC
- 2- 4807.038,
- 3- N Latitud 48 grados 07.038 'N
- 4- 01131.000, E Longitud 11 grados 31.000 'E
- 5- Calidad de la fijación:
  - 0 = Inválido
  - 1 = Fijación GPS (SPS)
  - 2 = Ajuste DGPS
  - 3 = Corrección de PPS
  - 4 = Cinemática en tiempo real
  - 5 = Floating RTK
  - 6 = Estimado (cuenta muerta) (característica 2.3)
  - 7 = Modo de entrada manual
  - 8 = Modo de simulación
- 6- 08 número de satélites que están siendo rastreados
- 7- 0.9 Dilución horizontal de la posición
- 8- 545.4, M Altitud, Metros, por encima del nivel medio del mar
- 9- 46.9, M Altura del geode (nivel medio del mar) por encima de WGS84
- 10- \* 47 los datos de la suma de comprobación, comienza siempre con \*

### 5.10.2 GSA

Esta sentencia proporciona detalles sobre la naturaleza de la corrección. Incluye los números de los satélites que se utilizan en la solución actual y el DOP. DOP (dilución de precisión) es una indicación del efecto de la geometría del satélite sobre la exactitud de la corrección. Es un número sin unidad donde más pequeño es mejor. Para los arreglos en 3D usando 4 satélites, se consideraría que un 1,0 sería un número perfecto, sin embargo, para soluciones sobre determinadas es posible ver números por debajo de 1.0.

Ejemplo:

\$ GPGSA, A, 3,04, 05, 09, 12, 24 ,,,,,, 2,5,1,3,2,1 \* 39

Interpretación:

1- A Selección automática de fijación 2D o 3D (M = manual)

2- 3 fijar 3D - los valores incluyen:

1 = No fijar

2 = Fijación 2D

3 = Solución 3D

3- 04,05 ... PRN de los satélites utilizados para la fijación (espacio para 12)

4- 2,5 PDOP (dilución de precisión)

5- 1.3 Dilución horizontal de precisión (HDOP)

6- 2.1 Dilución vertical de precisión (VDOP)

7- \* 39 el dato de CRC comienza siempre con \*

### 5.10.3 GSV

Satélites a la vista, muestra datos sobre los satélites que la unidad podría encontrar en función de su máscara de visualización y datos de almacenados. También muestra la capacidad actual para rastrear estos datos.

Ejemplo:

\$ GPGSV, 2,1,08,01,40,083,46,02,17,308,41,12,07,344,39,14,22,228,45 \* 75

Interpretación:

1- 2 número de frases para los datos completos

2- 1 oración 1 de 2

3- 08 número de satélites a la vista

4- 01 número de satélite PRN 40 elevación, grados

5- 083 azimut, grados

6- 46 SNR - más alto es mejor

7- \* 75 los datos de CRC comienzan siempre con \*

### 5.10.4 RMC

Mínimo recomendado de información de ubicación.

Ejemplo:

\$ GPRMC, 123519, A, 4807.038, N, 01131.000, E, 022.4.084.4.230394.003.1, W \* 6A

Interpretación:

- 1- 123519 Ficha hecha a las 12:35:19 UTC
- 2- A Estado:
  - A = activo
  - V = vacío.
- 3- 4807.038,
- 4- N Latitud 48 grados 07.038 'N
- 5- 01131.000,
- 6- E Longitud 11 grados 31.000 'E
- 7- 022.4 Velocidad sobre el suelo en nudos
- 8- 084.4 Ángulo
- 9- 230394 Fecha - 23 de marzo de 1994
- 10- 003.1, W Variación magnética
- 11- \* 6A Los datos de la suma de CRC, empiezan siempre con \*

### 5.11. Comandos AT

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un terminal módem.

En un principio, el juego de comandos AT fue desarrollado en 1977 por Dennis Hayes como un interfaz de comunicación con un módem para así poder configurarlo y proporcionarle instrucciones, tales como marcar un número de teléfono. Más adelante, con el avance del baudio, fueron las compañías Microcomm y US Robotics las que siguieron desarrollando y expandiendo el juego de comandos hasta universalizarlo.

Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de attention.

Aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales. De esta forma, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales. Este juego de instrucciones puede encontrarse en la documentación técnica de los terminales GSM y

permite acciones tales como, realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.

Queda claro que la implementación de los comandos AT corre a cuenta del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable de serie, canal Infrarrojos, Bluetooth, etc.

Los principales comandos utilizados para controlar un módulo GSM son los siguientes:

AT – comprobación de respuesta -> respuesta OK

AT+CSQ – verifica calidad de la señal.

AT+CCID – obtener el número de la sim card.

AT+CREG – verifica registro a la red de datos móvil.

ATI – retorna la versión de firmware del módulo.

AT+COPS= – verifica conexión a la red de datos móvil.

AT+COPS= – retoma la lista de operadores presentes en la red móvil.

AT+CMGF=1 – selecciona el tipo de formato de texto para enviar un SMS.

AT+CMGS=+ZZxxxxxxxxxx – envía un SMS.

ATD+ZZxxxxxxxxxx; – llamar a un número celular.

ATH – terminar llamada a celular.

ATA – aceptar llamada entrante.

## 6. Estado del arte

### 6.1. Referencias internacionales

**Cuasapaz Chamorro, M. A. (2014).** *Implementación de un prototipo de taxímetro digital con impresora facturadora utilizando tecnología GPS.*

Ubicación:	Quito, Ecuador
Editor:	Escuela politécnica nacional
Año:	2014

Muestra cómo implementar un taxímetro de bajo costo que, utilizando un GPS para cálculo de distancias recorridas, su público objetivo son los taxis en Quito Ecuador, mostrando la legislación previa que sustenta la viabilidad de desarrollar el dispositivo. La propuesta del documento se centra solo en el diseño y la elaboración del dispositivo.

El documento aporta al presente proyecto metodologías de desarrollo de dispositivos a vehículos y muestra las capacidades de los microcontroladores atmel.

**Sinha, Sanjana.** *Implementation of Real Time Bus Monitoring and Passenger Information System. 2013.*

Ubicación:	Maharastra, India.
Editor:	MIT academic of Engineering
Año:	2013

Implementación de un sistema de información de transporte basado en GPS, utiliza la información de velocidad y ubicación para predecir la hora de llegada de un vehículo y los tiempos de duración de los recorridos, el sistema además calcula el volumen de pasajeros transportados basado en el número de paradas y la duración de las detenciones en cada punto de la ruta.

Para resaltar acerca del documento, es la capacidad de procesamiento que se le puede hacer a la información obtenida por el GPS.

Una conclusión a las que llega en el documento es la importancia de los datos obtenidos porque estos pueden mejorar la calidad de los servicios prestados.

**Caluquí, T., & Elizabeth, P. (2017).** *Diseño de una red con tecnología sensor Cloud aplicada en prevención de accidentes de tránsito (Master's thesis, PUCE).*

Ubicación:	Quito, Ecuador
Editor:	Universidad Católica del Ecuador
Año:	2017

Descripción de un sistema capaz de hacer telemetría al interior del vehículo, describe todo el ecosistema que se requiere, define todos los actores involucrados desde la adquisición de los datos hasta su uso final, pasando por el almacenamiento y el procesamiento intermedio.

Uno de los objetivos del documento es la disminución de los accidentes de tránsito mediante el monitoreo detallado del estado físico del conductor y parámetros del vehículo a través de una red de sensores que se denomina Sensor cloud.

**De Zoysa, K., Keppitiyagama, C., Seneviratne, G. P., & Shihan, W. W. A. T. (2007, August). A public transport system-based sensor network for road surface condition monitoring. In *Proceedings of the 2007 workshop on Networked systems for developing regions* (p. 9). ACM.**

Ubicación:	Colombo, Sri Lanka
Editor:	University of Colombo School of Computing
Año:	2017

Propone el uso de la telemetría en el sistema de transporte público enfocado a poder medir la calidad de aire y el estado de las carreteras, con la finalidad de poder reaccionar con anticipación y evitar reparaciones costosas en los vehículos, el público objetivo inicial son las poblaciones en vías de desarrollo.

Una particularidad de este planteamiento es la no utilización de un sistema de transmisión GSM, en su lugar sugiere la creación de una red de vehículos que recolecten información y que en determinados puntos de la ruta centralicen la información.

Massobrio, R., Pías, A., Vázquez, N., & Nesmachnow, S. (2016, November). Map-reduce for processing GPS data from public transport in Montevideo, Uruguay. In *Simposio Argentino de GRANdes DATos (AGRANDA 2016)-JAIIO 45 (Tres de Febrero, 2016)*.

Ubicación:	Montevideo, Uruguay
Editor:	Universidad de la República
Año:	2016

Plantea el manejo de gran cantidad de información de GPS obtenida del sistema de transporte de Montevideo y presenta los algoritmos de análisis de grandes volúmenes con la finalidad de poder obtener de las métricas de calidad del servicio, duración de recorridos y posicionamiento.

### 3.2. Referencias nacionales

Morales, S., Pedraza, C., Restrepo Calle, F., Vega Stavro, J., & Bastidas Alvear, V. (2018). Análisis de requisitos para dispositivos de localización vehicular seguros para sistemas de transporte público terrestre en Colombia. *Revista Científica Ingeniería Y Desarrollo*, 36(2). Consultado el 18 de septiembre de 2019.

<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/10037/214421443106>

Ubicación:	Bogotá, Colombia.
Editor:	Universidad del Norte
Año:	2018

Lo que tiene que tener un vehículo en Colombia según la legislación colombiana.

Henao Melo, L. G. (2014). *Diseño de un equipo de rastreo satelital de elementos usando tecnologías GPS y GSM*.

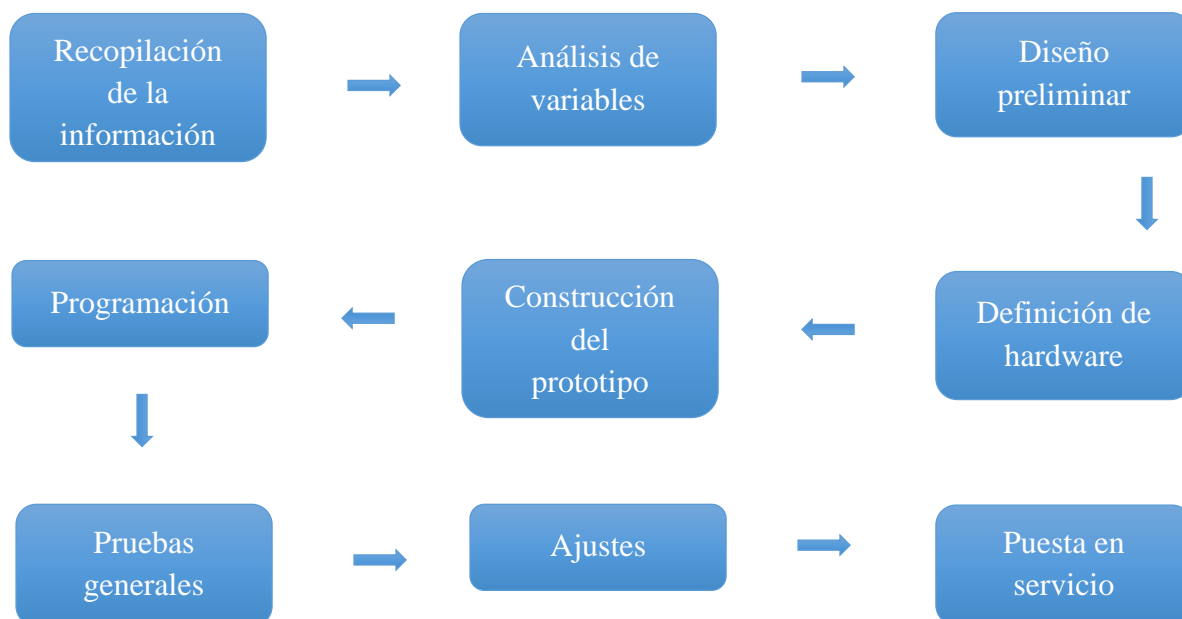
Ubicación:	Pereira, Colombia.
Editor:	Universidad tecnológica de Pereira.
Año:	2014

Presenta casos de uso y contextualización local del uso de equipos de GPS en la región.

## 7. Metodología

El enfoque que se le da a este proyecto será de tipo mixto con el que se busca una innovación tecnológica para buses en el transporte público. Lo que se propone realizar será una herramienta eficaz para determinar y dar una posible respuesta en caso de un accidente de tránsito, una falla mecánica del vehículo o para información previa del estado actual del automotor. En la fase inicial del proyecto, se recopilará la información necesaria, esto aplicando entrevistas a gerentes y funcionarios que estén involucrados en el transporte público para determinar con precisión los requerimientos y plantear una posible solución que acate las necesidades de los usuarios, de los jefes operativos y de los dueños de los vehículos, dando así un diseño de un aparato que tenga la posibilidad de recoger la mayor información posible del automotor con diversos sensores para así poder almacenarla o ser compartida si alguna persona lo requiere.

El método para desarrollar dicho aparato será saber específica y detalladamente qué información quiere recolectar o saber del vehículo el usuario, con esto se plantea las variables medibles o que se puedan censar para así poder digitalizar la información recolectada, teniendo todas las variables se puede estadísticamente saber o predecir cualquier anomalía que se esté presentando.



**Figura 9. Metodología propuesta para el desarrollo del proyecto.**

## 8. Estudio de implementación propuesta

Para realizar este proyecto se analiza diversos campos que se requieren y que se tienen que abarcar para poder ejecutar en toda su totalidad la funcionalidad que se quiere alcanzar y los objetivos que se desean cumplir. Por esta razón se divide el trabajo en diversos campos de acción ya que uno depende del otro por lo tanto tiene que funcionar cada etapa perfectamente para evitar error alguno.

### 8.1 Arquitectura de actores

En la siguiente ilustración se puede apreciar toda la arquitectura que se tiene que ejecutar en este proyecto. Como primer paso la recaudación de todos los datos y variables que se puedan recolectar del vehículo con los sensores y sistemas de ubicación. El siguiente paso es la configuración y tratamiento que se le darán a estos datos para que sean verídicos, analizar su comportamiento y así poder establecer los enlaces de comunicación para la transición de estos datos, para lo cual se requiere una unidad central que procese todos los datos y le dé un tratamiento digital. El siguiente paso es establecer el almacenamiento seguro y confiable de todas las variables que nuestra unidad central adquiere para así poder ser consultada en cualquier momento, por consiguiente, se tiene que establecer un servidor para la comunicación remota o un sistema de acceso rápido al usuario. Por último, es realizar una interfaz gráfica que presente datos exactos y concisos de todo lo que ocurre en nuestro vehículo, la ubicación puntual de este, el estado del dispositivo y visualización grafica de las personas que se encuentren a bordo del automóvil.

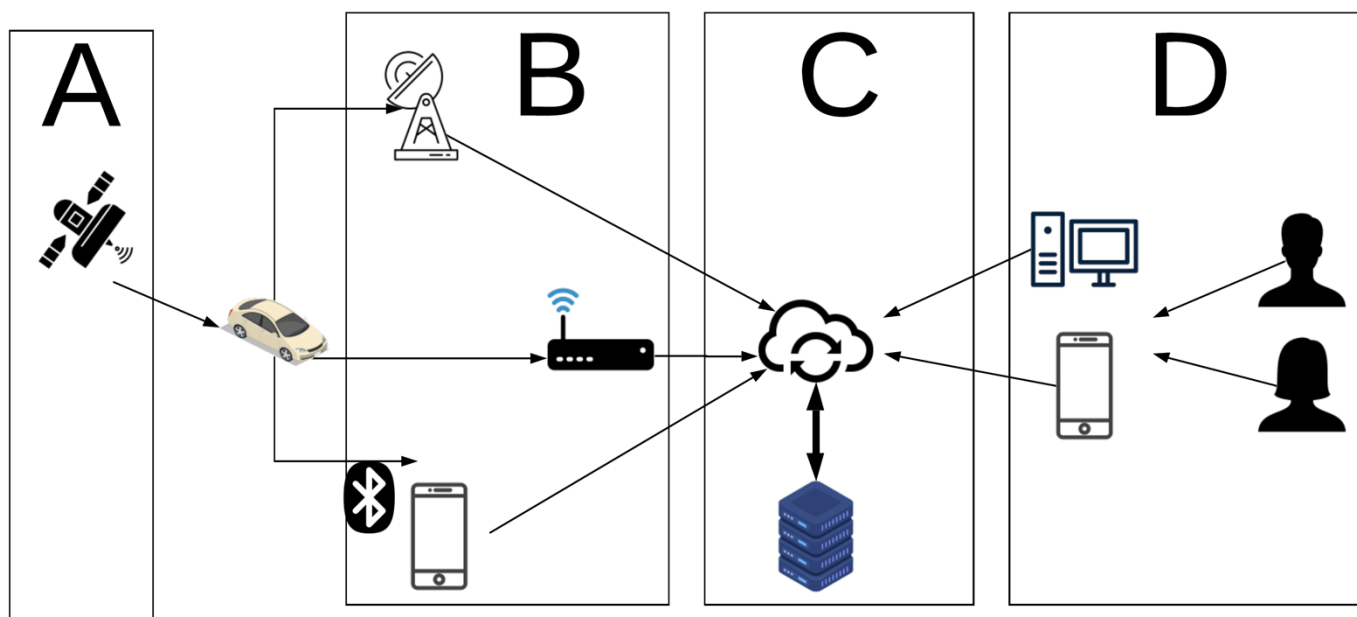


Figura 10. Definición de actores de la implementación propuesta.

## 9. Resultados

El proceso de diseño y construcción de un dispositivo como el planteado, se desarrolla a través de una serie de etapas que permiten enfocar las actividades a realizar de manera que al finalizar cada etapa se puede tener una idea más clara y un avance tangible del proyecto. Cada etapa se basa en la anterior y se encarga específicamente de una actividad haciendo más eficiente el trabajo realizado.

### 9.1. Recopilación de la información

Lo primero que se tuvo en cuenta para realizar este proyecto fueron todos los componentes que se le pensaban incluir en la parte de hardware, es decir, el regulador de voltaje, la batería interna, el cargador de batería, el elevador de corriente, el microcontrolador principal; los diferentes módulos que son, el de GPS y su antena, el GPRS, la memoria interna, el giroscopio, el lector RFID y la GLCD. Además, se tuvo muy presente los periféricos de entrada y salida para los diversos sensores, actuadores y entrada principal de corriente. Ya teniendo contemplado las dimensiones exactas de cada unidad, se procede a elegir la carcasa principal de nuestro dispositivo.

Se obtuvieron las medidas exactas de la carcasa principal para poder realizar una simulación computarizada con el software inventor para poder determinar la acomodación exacta de cada módulo y del microcontrolador principal; también para realizar los cortes de los periféricos de salida y entrada y de la pantalla, teniendo como resultado una versión del proyecto digitalizada que nos muestra como podría ser nuestro producto final.

### 9.2. Análisis de variables

Siguiendo un protocolo se organizó la distribución adecuada de cada etapa para evitar fallos entre ellos o posibles intolerancias, se trató de que los cortes en la carcasa quedaran perfectos ya que el error más mínimo podría causar el desenganche de cualquier elemento interno, ya que todo se realizó perfectamente a la medida. El cableado tanto interno como externo se ensambló de tal manera que no se desconecten con facilidad y que pudieran aguantar un trato fuerte ya que en el ambiente que se va a trabajar o que se le dará uso es de tráfico pesado. También en la parte interna se trató de que todos los elementos fuesen compactos para así poder garantizar el buen funcionamiento si nuestro aparato no está en las condiciones más óptimas.

En este caso el material de la carcasa se escogió por maniobrar más fácil y por hacer los cortes pertinentes de una manera más rápida, ya que lo ideal es que la carcasa sea más robusta, es decir, de un material más compacto que resista golpes y polvo, además que incluya disipadores de calor para evitar sobre calentamiento del procesador y de los demás elementos.

### 9.3. Diseño preliminar

Teniendo definidos los componentes electrónicos se debe considerar el consumo energético y el voltaje de operación para determinar las características de la o las fuentes de alimentación que se requieren en el dispositivo.

Componente	Referencia	Voltaje (V)	Corriente (mA)
Microcontrolador	Mega2560	5	
Modulo GPS	NEO 6M UBLOX	5	100
CÁMARA- WIFI-Bluetooth- Lector Micro SD	Esp32-CAM	3-5	310
GSM	A6 GSM	5	800
RFID Lector	RDM6300 125KHZ	5	50
Memoria eeprom	AT24C256 256kbit	1.8-5.5	5
Sensor temperatura	DHT11	3.5.2005	2,5
Sensor lluvia	YL-83	5-12	260
Sensor choque	KY-031	5	10
Display	128-64zw	4.5-5	2,5
Convertidor reductor	DC-DC LM2596	5-40	
Cargador de batería	Tp4056	0.3-8	
Convertidor elevador	DC-DC MT3608	5-28	
			<b>1540 mA</b>

**Tabla 2. Parámetros eléctricos por componente.**

El primer paso era garantizar una fuente de alimentación para cada componente, el segundo es considerar en los componentes utilizados para comunicación que utilicen el espectro electromagnético la frecuencia de trabajo, esto se refiere en que bandas del espectro transmite cada componente para de este modo analizar posible conflictos entre componente similares, este análisis también nos permite inferir los alcances de transmisión de cada componente porque la frecuencia nos determina la longitud de onda.

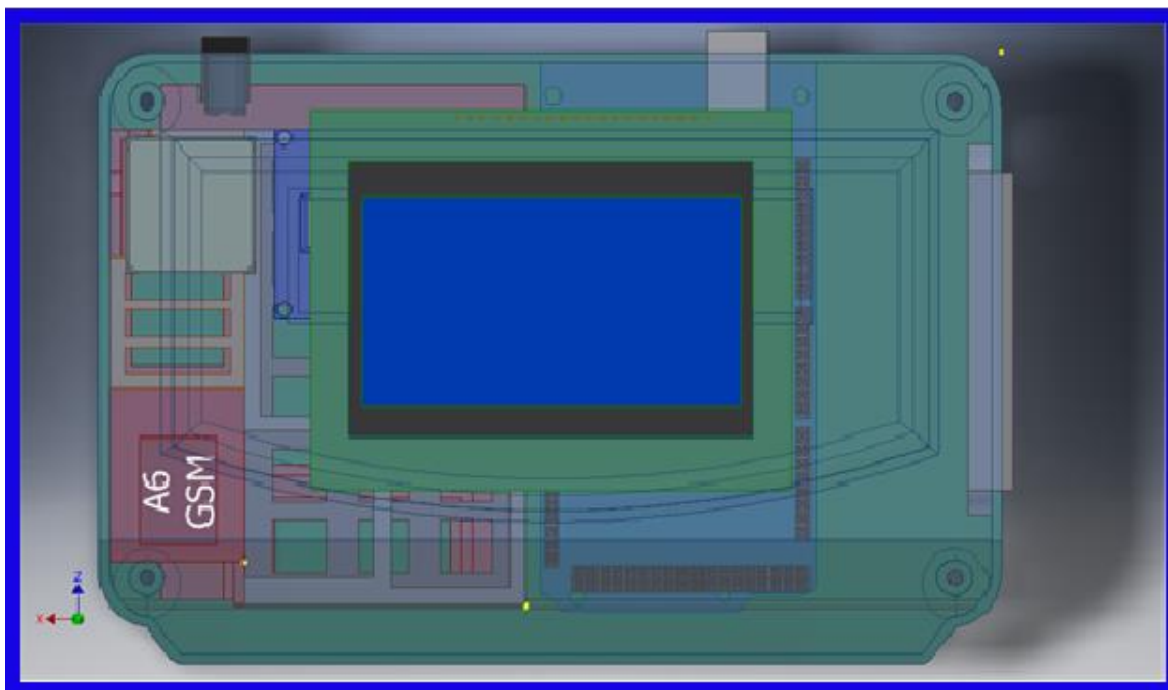
Componente	Referencia	Frecuencia de trabajo
GPS	NEO 6M UBLOX	1575,42 MHz
Wifi	Esp32-CAM	2.4 GHz - 5GHz *
Bluetooth		2,4 a 2,48 GHz
Celular	A6 GSM	2G/GSM 900 y 1800 MHz.

**Tabla 3. Frecuencias de operación.**

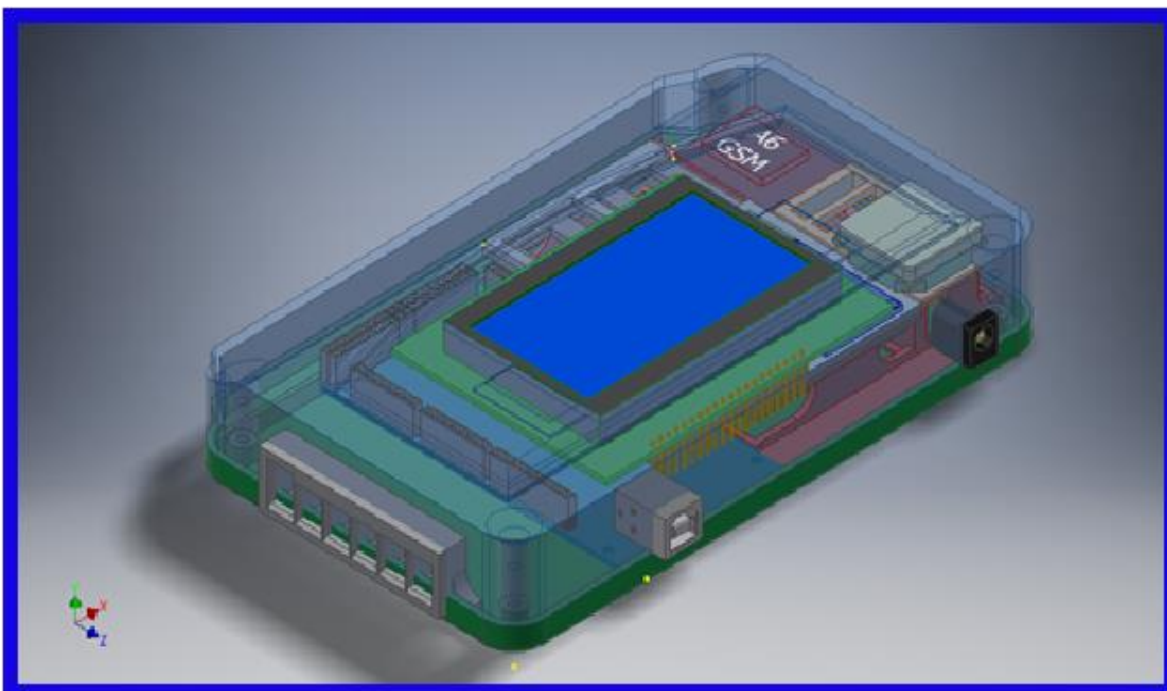
Las frecuencias de Bluetooth son compartidas con las de teléfonos inalámbricos y dispositivos Wifi. Para limitar los efectos de la interferencia, Bluetooth utiliza la tecnología de saltos de frecuencia. Esto cambia la frecuencia de Bluetooth en incrementos de 1 Mega Hertz en todo el ancho de banda.

Anexo 3: Espectro de frecuencias en Colombia.

Teniendo las dimensiones físicas de cada componente y antes de empezar a diseñar las PCB que relacionen los diferentes componentes debemos hacer un análisis de la ubicación de los mismos dentro de la caja, realizar este paso nos mostrará posibles inconvenientes físicos al momento de ensamblar y nos dirá que tan grande puede llegar a ser las PCB que diseñemos, de manera que al momento de ensamblar los componentes encajen de la manera más óptima.

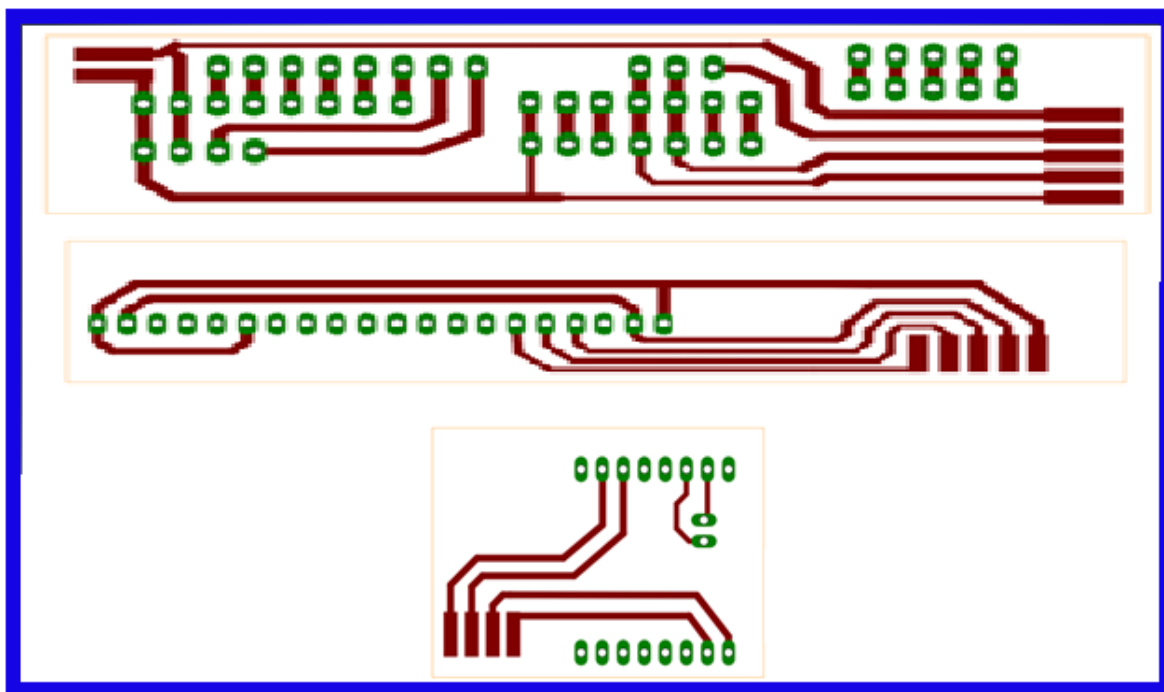


**Figura 11. Diseño en vista 2d.**



**Figura 12. Diseño 3D de dispositivo.**

El paso final en esta fase después de considerar los aspectos físicos y eléctricos de cada componente es, diseñar el circuito impreso, para de este modo relacionar la parte lógica del microcontrolador con la parte de toma de información de los sensores y la parte de comunicación a través de los módulos Wifi, GSM y Bluetooth.



**Figura 13. Diseño de circuitos impresos.**

## 9.4 Definición de Hardware

Tomando los objetivos planteados como una base, estos nos permiten definir una lista de funcionalidades y características que debe tener el dispositivo final, cada función del dispositivo se va realizar por uno o más componentes.

<b>Función</b>	<b>Componente</b>
Recepción GPS	Módulo GPS
Almacenar información	Módulo SD
Leer sensores externos	Sensor pulsador Sensor temperatura Sensor lluvia Sensor vibración
Conectividad celular	Módulo GSM
Conectividad Wifi	Módulo Wifi
Conectividad Bluetooth	Módulo Bluetooth
Batería de respaldo	Cargador de batería
Lectura de tarjetas RFID	Módulo RFID
Tomar fotografías	Módulo ESP32-cam

**Tabla 4. Definición de funciones del dispositivo.**

Otro punto de vista desde el que debemos analizar el dispositivo es el ambiente de trabajo que va a tener, o sea, las condiciones normales de uso a las que el dispositivo se va a ver expuesto, este análisis tiene como finalidad diseñar un dispositivo capaz de acoplarse a su área de trabajo.

Voltaje de entrada	12v -24v
Temperatura	No expuesto
Vibración	Muy expuesto
Polvo	Medianamente expuesto
Salpicaduras	No expuesto
Golpes	Medianamente expuesto

**Tabla 5. Ambiente de trabajo del dispositivo.**

La información mostrada en la Tabla 2 y la Tabla 3 nos muestra qué componentes electrónicos debemos considerar comprar para cumplir con los objetivos propuestos, ahora el análisis realizado se hace desde el punto de vista económico buscando referencias de módulos electrónicos que cumplan con las características que se requieren para de esta manera tener un presupuesto y poder proyectar indicadores como costo de manufactura del dispositivo.

Componente	Referencia	Cant.	Costo unitario	Costo total
Microcontrolador	Mega2560	1	\$ 45.000	\$ 45.000
PCB		2	\$ 10.000	\$ 20.000
Módulo GPS	NEO 6M UBLOX	1	\$ 39.000	\$ 39.000
CÁMARA-WIFI-Bluetooth-Lector Micro SD	Esp32-CAM	1	\$ 75.000	\$ 75.000
RFID Lector	RDM6300 125KHZ	1	\$ 11.000	\$ 11.000
Tarjeta RFID	RFID 125KHZ	3	\$ 1.200	\$ 3.600
Memoria eeprom	AT24C256 256kbit	1	\$ 6.000	\$ 6.000
Micro SD		1	\$ 20.000	\$ 20.000
Sensor temperatura	DHT11	1	\$ 6.500	\$ 6.500
Sensor lluvia	YL-83	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Sensor choque	KY-031	1	\$ 7.000	\$ 7.000
Sensor puerta	FIN 50mm	1	\$ 2.000	\$ 2.000
Botón de pánico	Pulsador N.C	1	\$ 2.000	\$ 2.000
Display	128-64zw	1	\$ 40.000	\$ 40.000
Pulsadores	PULSADORES N. A	4	\$ 1.800	\$ 7.200
Caja		1	\$ 10.000	\$ 10.000
Convertidor reductor	DC-DC LM2596	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Batería interna	Litio 3.7v 3000mah	1	\$ 24.000	\$ 24.000
Cargador de batería	Litio Tp4056	1	\$ 3.500	\$ 3.500
Convertidor elevador	DC-DC MT3608	1	\$ 4.500	\$ 4.500
Giróscopo		1	\$ 11.000	\$ 11.000
Rlc		1	\$ 20.000	\$ 20.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$367.300</b>

**Tabla 6. Presupuesto de componentes.**

\*\*El anexo 1 muestra la lista de componentes comprada en China y los costos con envío.

\*\*El anexo 2 muestra una tabla con los links a las hojas de especificaciones de cada componente.

## **9.5. Construcción del prototipo**

Ya teniendo todas las medidas precisas y la carcasa definida se realiza la acomodación de cada módulo dando así la necesidad de fabricar diversas plataformas para el ajuste de módulos sobrepuestos, es decir, con una impresora 3D se hizo el diseño y se fabricó bases para los módulos que se encajaran perfecto para una buena adaptación y un buen funcionamiento. Además, se tuvo la necesidad de diseñar e imprimir tarjetas de PCB para la conexión interna de todos los módulos con el microcontrolador y energizar cada uno, también los conectores de entrada de sensores y la pantalla. Dando como resultado un bien empalme y reduciendo en una gran mayoría los buces de conexión.

Las diferentes evoluciones que tuvo el hardware en la etapa de fabricación se dieron ya que se proporcionó una mejor acomodación, se obtuvo mejores componentes, antenas, se hizo cambio de batería, se realizaron mejores circuitos y se diseñaron mejores estructuras para la buena distribución y el buen funcionamiento de cada uno de los componentes.

### **9.5.1 Fabricación**

Es la materialización de todos los análisis que se ha hecho hasta el momento, durante esta etapa los esfuerzos están enfocados a la creación no solo de las PCB, sino que además la elaboración de los elementos físicos de soporte que permitan una correcta disposición de todos los elementos dentro del dispositivo.

Basados en los diseños digitales de cada elemento, utilizamos una impresora 3D para poder crearlos, el plástico utilizado es PLA que es un polímero de origen vegetal, biodegradable y que presenta unas facilidades de trabajo superiores comparados con otros materiales usados para impresión 3D.

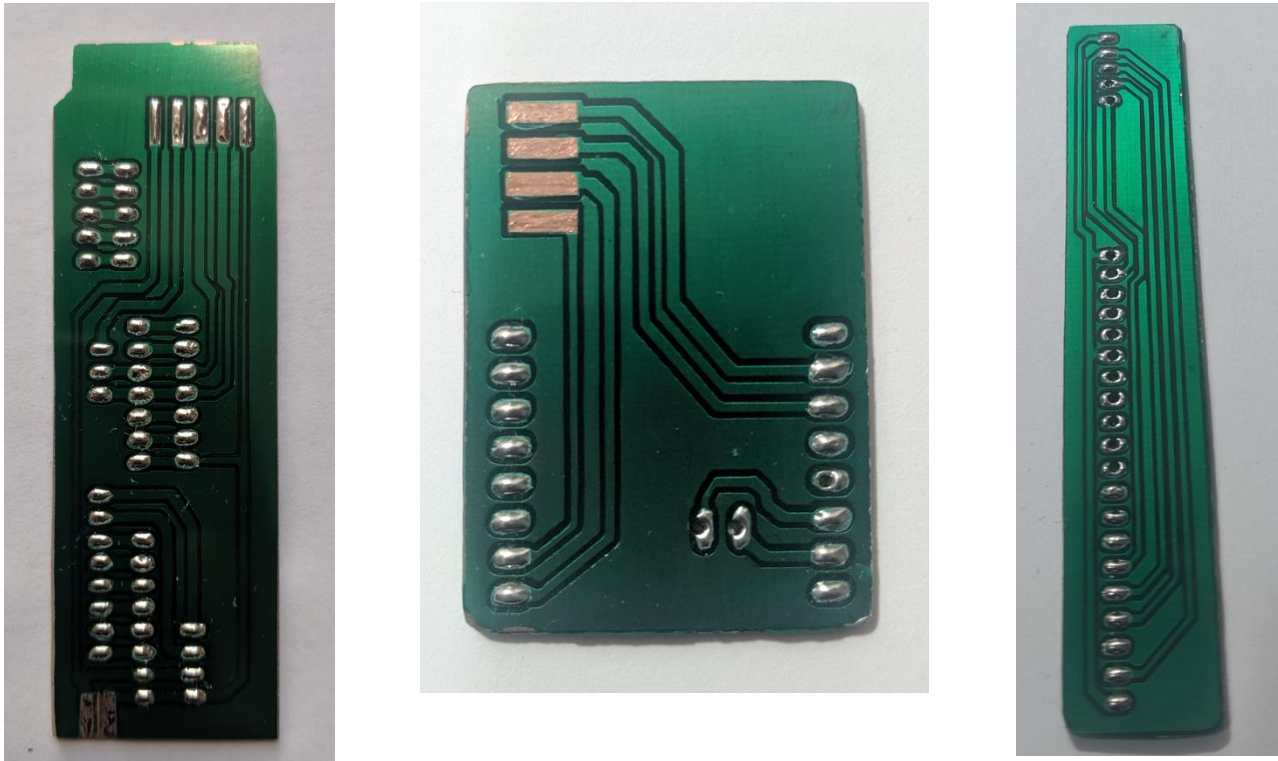
\*\* Anexo 4: Polímeros usados en impresión 3D.

Para fabricar las PCB podemos utilizar cualquiera de los métodos aprendidos a lo largo de la carrera teniendo en cuenta el nivel de calidad que se puede alcanzar con estos métodos o directamente podemos mandar a fabricar a China las PCB con lo que la calidad sería excelente, para la fabricación de las tarjetas del dispositivo se utilizó un método intermedio mediante CNC, este presenta un grado de calidad bueno y aspectos positivos a tener en cuenta.

FABRICACIÓN PCB	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fabricación manual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere pocos materiales para empezar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad de acabados baja.</li> <li>• Tiempo de fabricación largo.</li> <li>• Uso de sustancias nocivas en la fabricación como ácidos.</li> <li>• Poco nivel de detalle en los componentes usados.</li> </ul>
Fabricación en china	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad de acabados superior.</li> <li>• Precio de fabricación de pocos dólares.</li> <li>• Permite producción en masa.</li> <li>• Permite más de dos capas en la fabricación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempos de envío a Colombia largos.</li> <li>• Correcciones posteriores requieren nuevos tiempos de envío.</li> </ul>
Fabricación por CNC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempos de producción moderados.</li> <li>• Calidad buena.</li> <li>• No utiliza sustancias tóxicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de sustancias de protección (antisolder) es manual.</li> <li>• No tiene máscara de componentes.</li> <li>• Producción por cantidades lenta.</li> <li>• Requiere tener una maquina CNC.</li> <li>• True hole manuales.</li> </ul>

**Tabla 7. Métodos de fabricación de PCB.**

Circuito impreso terminado de la memoria eeprom, la distribución de voltajes para los sensores y la conectividad de la GLCD, estos circuitos se diseñaron previamente en el software Eagle y posteriormente se imprimieron en baquelita con las medidas previamente establecidas y además se garantizó su buena conectividad para el funcionamiento correcto.



**Figura 14. Fabricación de PCB.**

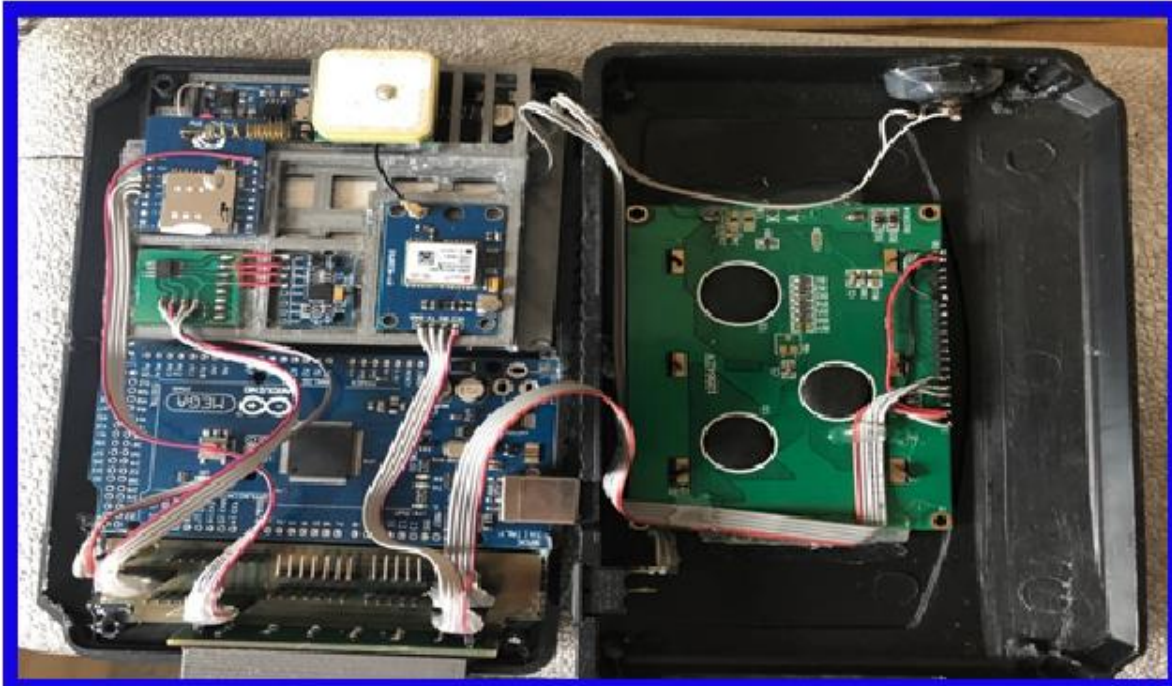
### 9.5.2 Ensamble

Los dispositivos inicialmente utilizados se eligieron según su tamaño y su capacidad de respuesta, también se tuvo en cuenta sus dimensiones para que se pudiesen acomodar perfectamente en la carcasa, de igual forma algunos de estos fueron cambiados o modificados para que el objetivo del proyecto fuera más eficaz.



**Figura 15. Carcasa, sensores, batería y pantalla del dispositivo.**

Ensamble con los primeros componentes utilizados y con sus respectivos buses de comunicación, se realizaron pruebas de conectividad, ensamble funcionamiento correcto de cada uno de los sensores y se comprobó que se tenía que realizar diversos ajustes y modificaciones tanto a los componentes como a la estructura y la organización de los elementos.



**Figura 16. Ensamble inicial de los componentes.**

Parámetros de ensamble inicial:

- Ubicación de componentes
- Baterías grandes.
- Número de componentes
- Board iniciales.

Correcciones detectadas:

- La antena de GSM se bloquea con la pantalla
- La batería es muy grande
- La potencia se calienta
- Hay muchos cables

## 9.6. Programación

Para programación del Arduino Mega2560 se utilizar la IDE de Arduino ya que es muy sencilla y fácil de usar, además al ser proporcionada por el fabricante de los componentes proporciona una serie de ejemplos previos que hacen que la curva de aprendizaje sea más eficiente, Arduino se programa en C y C++ pudiendo programar en lenguaje ensamblador si se requiere, pero no siendo necesario en el 90% de las veces ya que las rutinas implementadas no tienen una complejidad que los exija.

El programa se basa en una máquina de estados que defina claramente las funciones en cada uno de estos para poder cumplir con los objetivos trazados, es así como se pueden definir los siguientes estados:

- Inicio: verifica que los diferentes componentes inicien correctamente caso contrario se reinicié el equipo y obtienen las variables de la memoria, en caso de ser la primera vez que se inicia el sistema se deben inicializar en valores por defecto.
- Estado principal: es el estado encargado de hacer la comprobación de los diferentes sensores y de realizar la medición de estos cada vez que se cumpla en tiempo preestablecido, con la lectura de los sensores la siguiente acción es guardar la información en la micro SD.

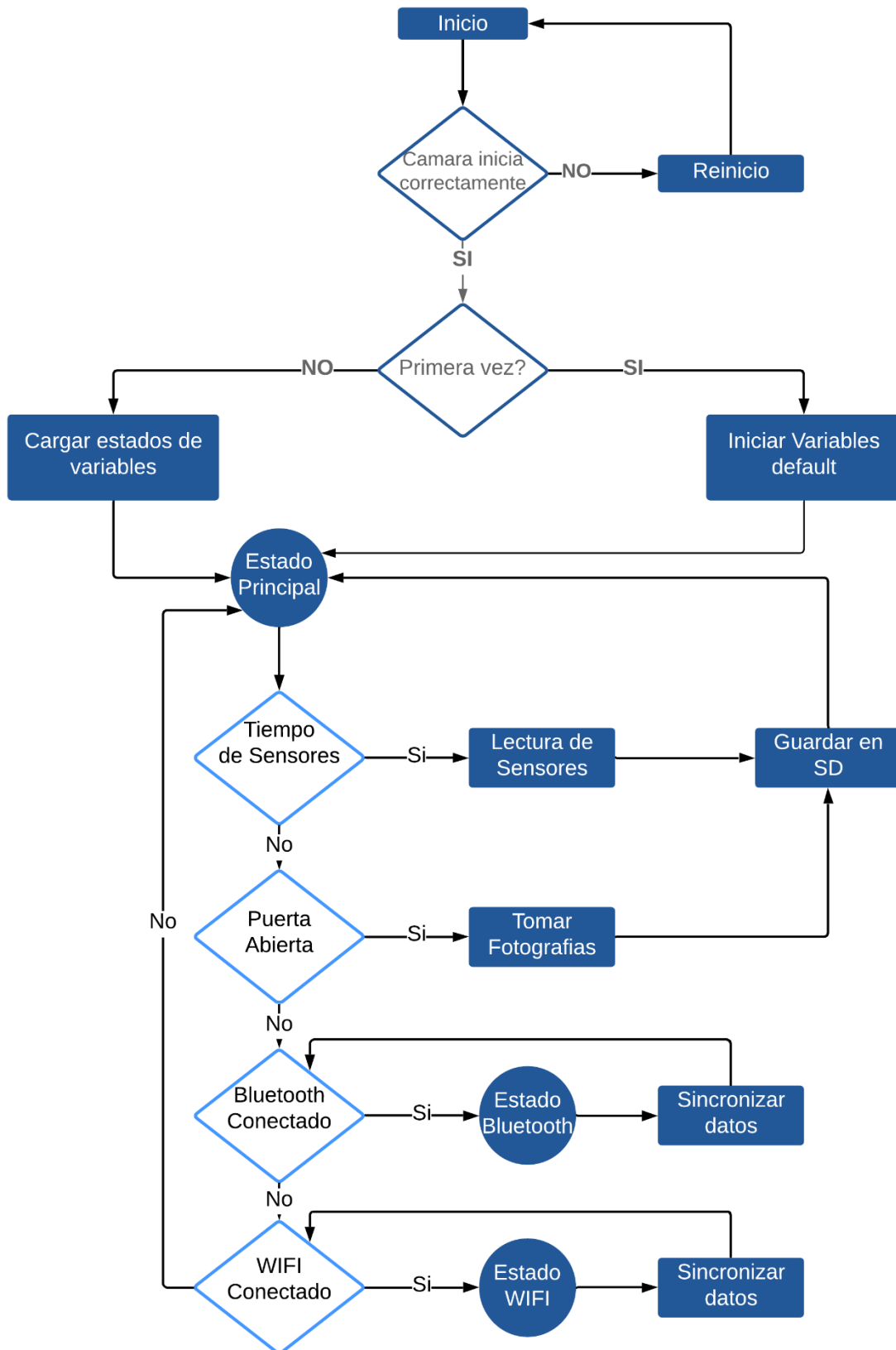
Otra función a realizar dentro de este estado es el monitoreo del estado del sensor de puerta que es muy importante ya que este determina cuando se debe activar la cámara para tomar las fotografías, el tiempo de acción del sensor de puerta y el número de fotografías está definido en las variables de memoria del programa y puede ser configurable.

La siguiente variable a considerar en este estado es la conexión bluetooth ya que si desde este estado la conexión bluetooth es activada el dispositivo pasará a este estado.

Finalmente, la variable de conexión Wifi nos determina si el estado cambia a ese estado.

- Bluetooth conectado, en este estado el dispositivo se encarga de recibir y enviar la información que desde la app de Android se transmita, mediante los comandos preestablecidos para tal fin la aplicación y la electrónica intercambian la información obtenida por el dispositivo o se pueden configurar las variables de memoria de configuración del equipo. Para salir de este estado se debe perder la comunicación bluetooth con la app móvil en cuyo caso regresa al estado principal.
- Wifi conectado, durante este estado se comprueba que exista una conexión wifi de manera que la información obtenida por el dispositivo de recorridos e imágenes tomadas pueda ser subida a un servidor en internet, este estado evalúa primero si hay conexión activa y después si hay alguna información pendiente de ser subida, si es afirmativo realiza el proceso de sincronización de datos, caso contrario retorna al estado principal.

Después -> definir el lenguaje usado entre esp32 y el micro principal.



## 9.7 Pruebas generales

Para poder acomodar todos nuestros circuitos en la carcasa principal se dividió en categorías los componentes, es decir, se clasificó los que tuviesen antenas o módulos de comunicación a un lado, toda la parte de potencia como batería, reguladores y elevadores a otro lado, microcontrolador giróscopo y memoria en otro lado; y conectores, periféricos de entrada, en otro. Dando así la mejor ubicación de cada uno de estos, para poder garantizar su mejor funcionamiento distribuyendo cada uno de la mejor manera posible dando como resultado un orden estético y comprobando el buen funcionamiento de cada uno.

A continuación, se presentan las pruebas que se realizaron al interior de un vehículo de transporte público de pasajeros, en el cual se puede evidenciar la calidad de imagen y de enfoque de la cámara, la ubicación y posición ideal para obtener la mayor información y también la apertura que tiene para abarcar todo el vehículo y así poder obtener total vigilancia de los pasajeros a bordo.



**Figura 17. Pruebas de la cámara en diferentes vehículos.**

## 9.8. Ajustes

En esta versión del proyecto se mejoraron algunos componentes, la estructura, los buses de comunicación y otros parámetros esenciales que mejoraron el objetivo del proyecto. De igual forma se implementó nuevas funcionalidades como la del giroscopio, la conectividad de sensores externos a la carcasa principal del aparato y el diseño de la carcasa de cada uno de los sensores y actuadores.

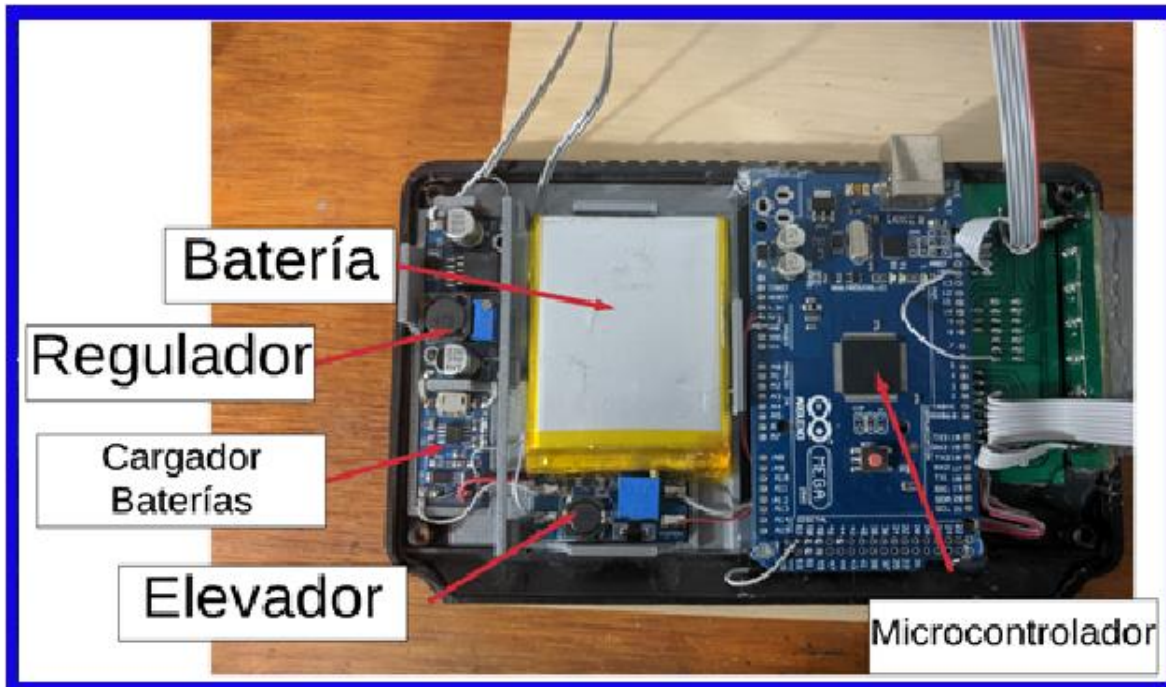
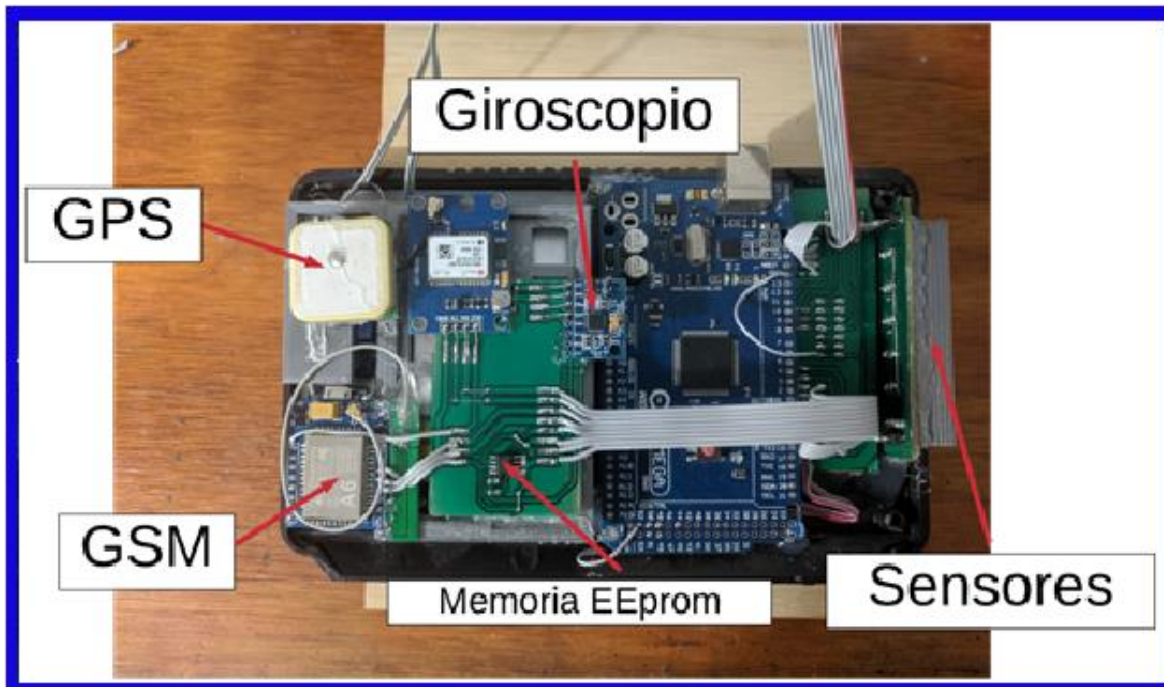


Figura 18. Ensamble parte inferior modificada.



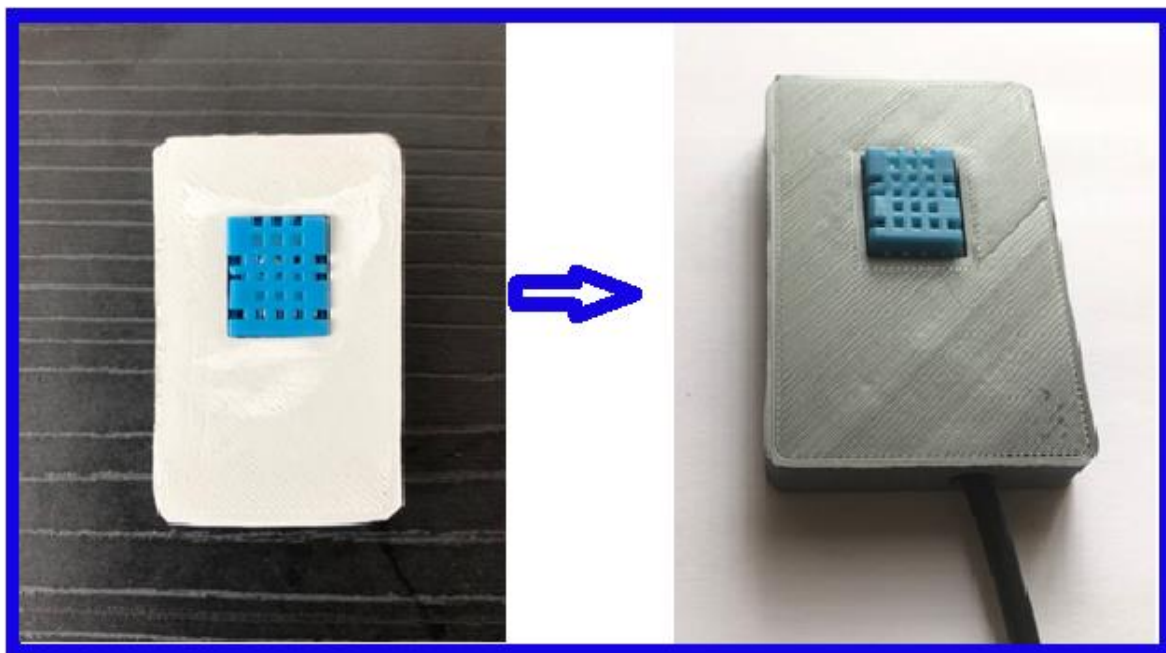
**Figura 19. Ensamble parte superior modificada con los nuevos componentes.**

Correcciones detectadas:

- Tamaño del micro
- Conectores de entrada de sensores-> pueden afectar la lectura
- Opción de cambio a microcontrolador de una tecnología superior.
- Unificar una sola Board de componentes.
- Mejorar la caja porque es de plástico.

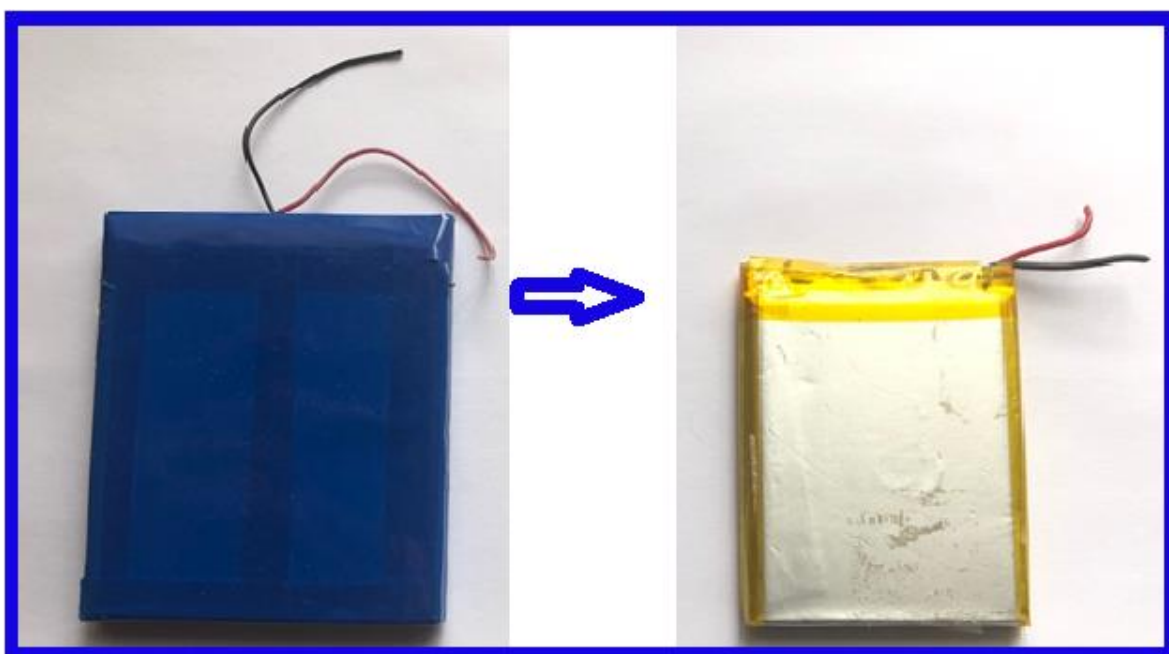
### 9.8.1. Mejoras en componentes utilizados

En esta modificación se conservó el mismo módulo, pero se le varió la carcasa que protege a éste con un nuevo material (PLA) para que tuviera una mejor durabilidad y una mejor estética. De igual forma se le cambió el diseño para que el sensor estuviese más expuesto al ambiente para una mejor lectura de datos.



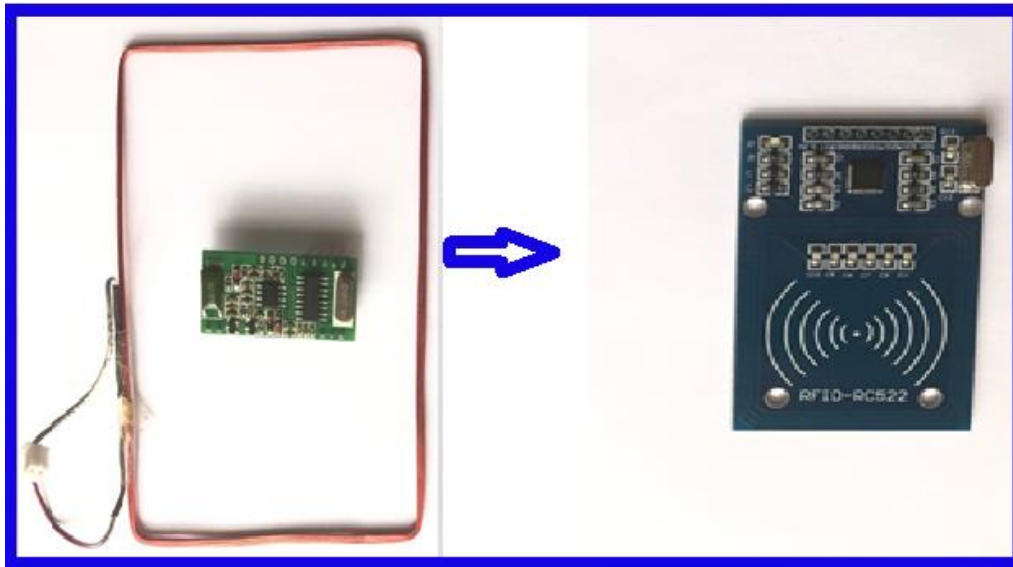
**Figura 20. Modificación Sensor de humedad y temperatura.**

En esta modificación la batería se cambió debido a que la previamente utilizada sus dimensiones no eran ideales al momento del ensamble con los otros componentes en la carcasa, por lo tanto, se logró remplazar por una batería con las mismas características de voltaje y corriente necesarias para el proyecto y con las dimensiones ideales.



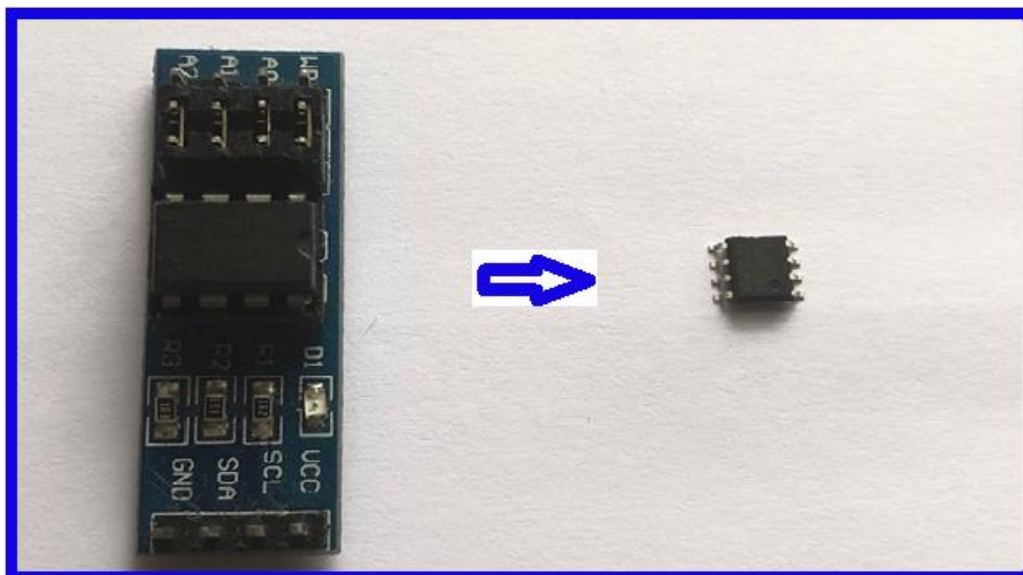
**Figura 21. Modificación de la batería.**

Esta modificación se realizó ya que el primer módulo elegido de lector RFID su antena era expuesta, demasiado grande y por consiguiente no se acomodaba idealmente a la carcasa del aparato, por lo cual se cambió al módulo RFID-RC522, que contiene esta antena ya implementada sin estar expuesta y con unas dimensiones más ideales.



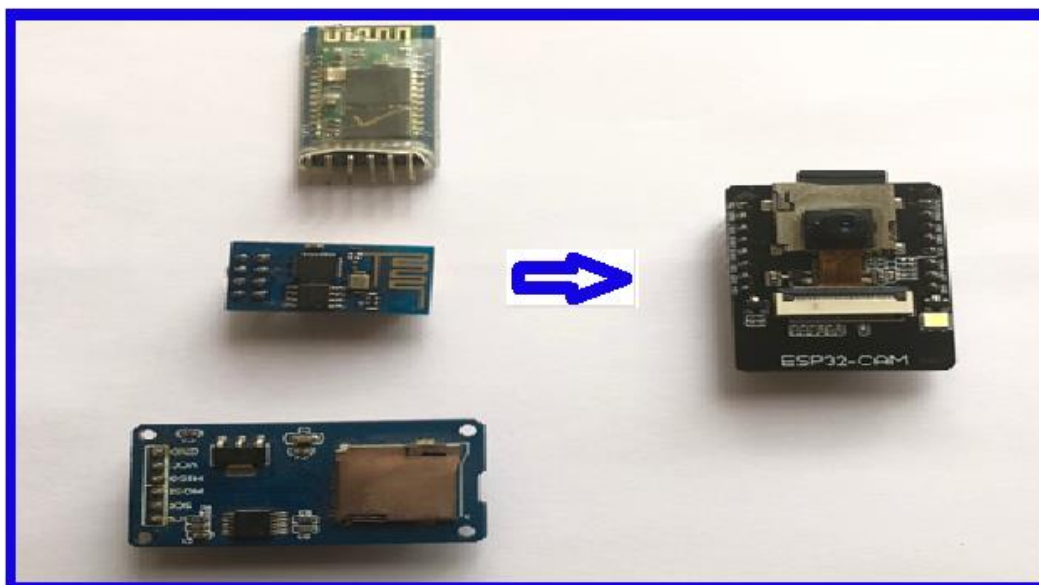
**Figura 22. Modificación del lector RFID.**

La modificación de la memoria eeprom se realizó básicamente fue por su tamaño y dimensiones, las características de esta son exactamente iguales respecto a su capacidad. Inicialmente se eligió por su fácil conectividad el módulo compatible con Arduino, pero se cambió por un circuito integrado de montaje superficial y se le realizó su respectivo circuito impreso.



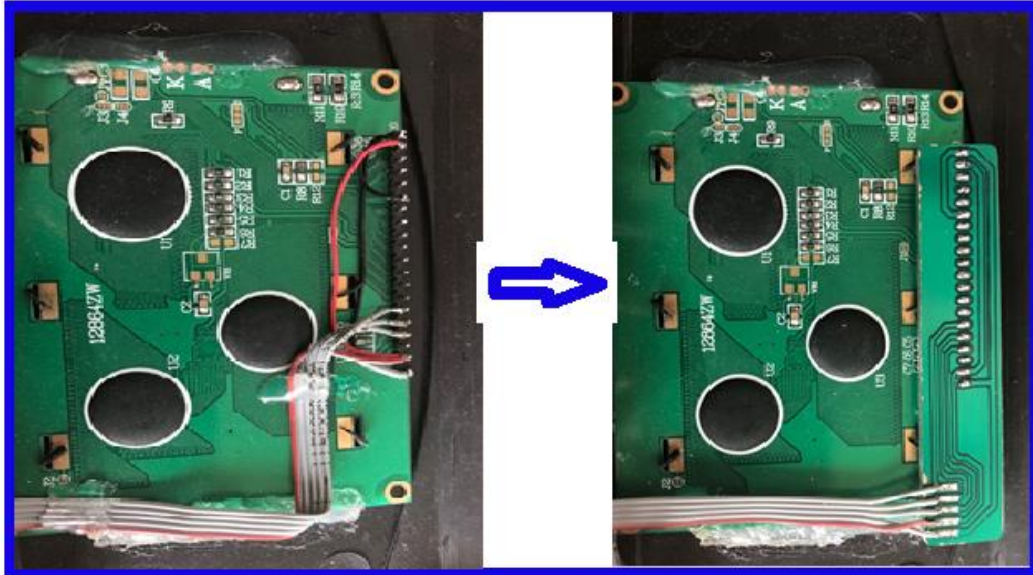
**Figura 23. Modificación de la memoria eeprom.**

La modificación de estos tres módulos que son, el módulo bluetooth, el módulo wifi y el módulo de lectura de tarjeta de memoria SD se dio debido a que se logró conseguir el módulo que contenía estas tres funcionalidades en uno solo, además este contenía cámara y esto logró solucionar uno de los objetivos del proyecto.



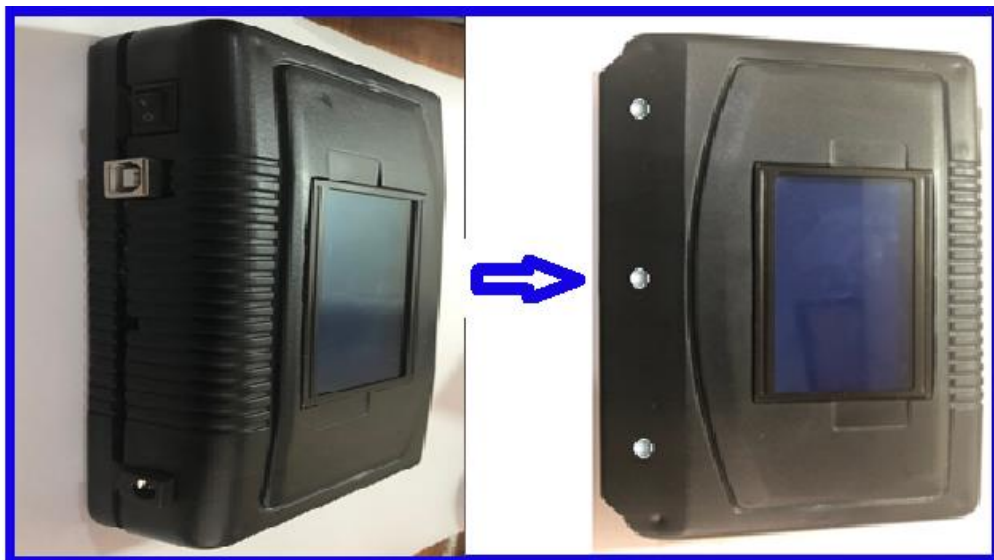
**Figura 24. Modificación de los módulos bluetooth, wifi y lector sd a módulo ESP32.**

Esta modificación se dio ya que se implementó un circuito impreso de la conectividad de la GLCD reemplazando gran parte del bus de conexión, dando una mejor distribución del cableado y además teniendo un acabado más estético.



**Figura 25. Modificación de la conectividad de la GLCD.**

Las modificaciones de la carcasa fueron varias siempre manteniendo la idea inicial de no modificar sus dimensiones. Se le agregó los periféricos de salida y entrada de fácil conectividad, la entrada de poder principal, los leds de indicación y se resaltó más la pantalla.



**Figura 26. Modificación de la carcasa principal.**

En la carcasa y conectividad del módulo ESP32, con la cámara se modificó el diseño de ésta para una mejor movilidad a la hora de la implementación en el vehículo, también se mejoró la calidad del material con el que está fabricado para una mejor durabilidad y una mejor estética, se modificó la conectividad, es decir, el cableado que conduce hacia el procesador principal de todos los datos con un mejor cable, más blindado y más duradero dando así mayor confianza para manipularlo.



**Figura 27. Modificación de la carcasa del módulo ESP32.**

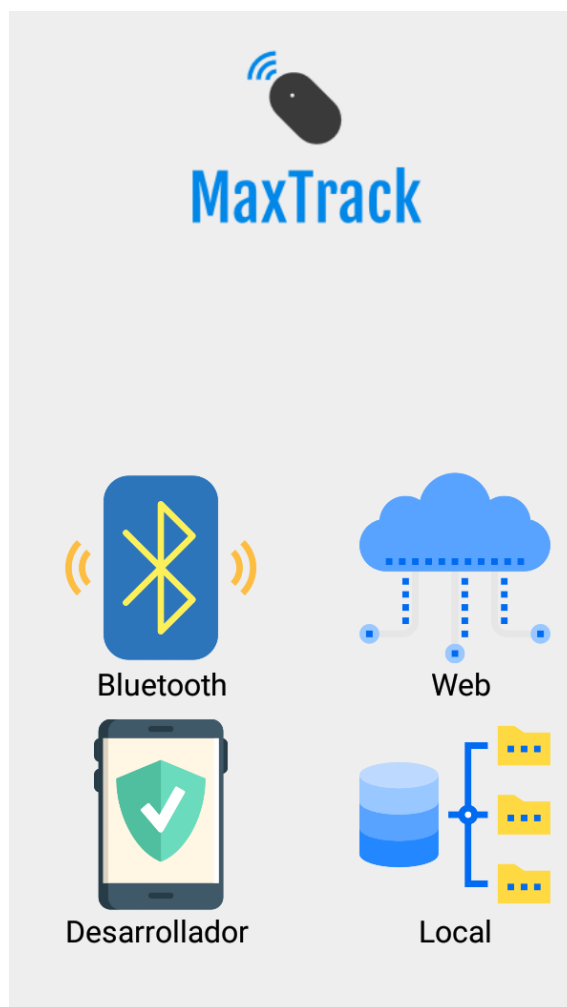
### **9.9. Puesta en servicio**

La versión final del proyecto, con las mejoras adecuadas de cada uno de los componentes nos da un buen resultado ya que, puesto en servicio, el proyecto funciona correctamente, todos sus sensores y actuadores responden de la mejor manera al igual que la cámara y la pantalla, la recolección de datos es ideal y se puede hacer un análisis general de estos, la transmisión y recolección de datos se generan de forma positiva ya que el posicionamiento global nos arroja un margen de error mínimo. Se evidencia que todos los objetivos propuestos en el proyecto se cumplieron dado que se tomaron las medidas y cálculos correctos en el momento de diseñar el dispositivo.

## 10. Aportes derivados del trabajo

A continuación, se da a conocer la interfaz gráfica de la aplicación Android para el usuario que quiera obtener los datos recolectados y para llevar el control de todo lo que está sucediendo en el vehículo.

La aplicación se trata de cuatro iconos los cuales se utilizan para seleccionar y emparejarse mediante bluetooth con el aparato. El siguiente es para conectarse con la página web para obtener la información, los siguientes iconos se utilizan para programar remotamente el aparato mediante comandos o verificar el estado de este.



**Figura 28. Interfaz de la aplicación Android.**

## 10.1. Recursos disponibles

A la hora de analizar los componentes utilizados en el proyecto es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Económico: en el mercado existen diferentes opciones de precios para solucionar una determinada problemática, en el caso de los sensores encontramos que entre más robusto sea el sensor su precio se eleva, es por esto que se debe tener en cuenta los agentes externos que van a afectar al sensor y con estos encontrar un equilibrio entre precio y funcionalidades descartando sensores que tengan funcionalidades que no necesariamente se vayan a utilizar, por ejemplo el mismo sensor son salida digital cuesta más y con capacidad de trabajo en voltaje amplia 3v-12v o 36 v aún más.

A la hora de elegir el micro controlador desde el punto de vista económico se debe tener en cuenta el costo de desarrollar con determinada familia de micro controladores considerando no solo el costo del micro controlador, sino del hardware adicional que se requiere para poder programarlo y de las licencias que se deban pagar para poder usarlo.

Desde el punto de vista económico el desarrollo del proyecto se va a realizar con micro controladores atmel utilizados en el proyecto Arduino después de considerar otras opciones:

Familia micro controladores	Utiliza programador externo	Costo programador*	Costo IDE licencia
Atmel + Arduino	NO		NO
Atmel	SI	\$ 20.000- \$ 250.000	NO
Freescale	SI	\$ 120.000	\$0 licencia temporal básica
Microchip	SI	\$ 285.000	\$0 IDE básico, plugins adicionales tienen costo

**Tabla 8. Comparación de microcontroladores.**

- Tiempo de implementación: está representado como el tiempo que toma llevar a cabo la integración de los componentes, la programación y la creación del prototipo, unos componentes más sencillos de utilizar presentan ventaja frente a otros de igual características, pero mayor complejidad de uso.

En el caso de los sensores la mayoría de estos no presenta mayor problema al momento de utilizarlos, el caso de estudio se da en la elección de los micro controladores, ya que cada uno tiene información de uso específica, lo que se puede representar como una curva de aprendizaje complicada, en este caso Atmel y Arduino al ser tecnologías open source tienen un uso extendido tanto en foros como en ejemplos de uso, por lo que desarrollar en estas tecnologías representa un

menor tiempo tanto de aprendizaje como de elaboración de códigos por tener una bibliografía más extensa.

- Escalabilidad: Es la capacidad de aceptar e integrar mejoras y funciones futuras que hacen que un hardware base pueda mejorar y evolucionar hacia un mejor producto, aplicado a los sensores estos en la mayoría de los casos tienen las mismas formas de conexión lo que hace que mejorar el sensor tenga poco impacto negativo dentro del hardware. La escalabilidad de los micro controladores se enfoca en las capacidades de estos en cuanto a pines de entrada-salida, puertos de comunicación y velocidades de funcionamiento.

Dentro de la familia Atmel y la tecnología Arduino el MEGA2560, es un chip que posee pines y puertos de comunicación suficientes para garantizar una escalabilidad soportada en el tiempo, así como las velocidades de operación garantizan un procesamiento de la información de acuerdo a las funciones planeadas a ejecutar.

En el momento que alguna de las características del MEGA2560 sean sobre pasadas se considerará mejorar el chip a utilizar.

## 11. Conclusiones

- Con la implementación de nuevas tecnologías y nuevos avances electrónicos podemos ayudar a la prevención de accidentalidad en el transporte público, ya que podemos predeterminar por medio de lecturas de variables que se presentan en el manejo y manipulación cotidiano de los vehículos las fuentes de accidentalidad más frecuentes y poder dar una alerta temprana para así poder evitarlos, también se puede dar un riguroso seguimiento a las normas de tránsito cumpliendo con el PESV.
- La determinación del microcontrolador principal de un proyecto se tiene que detallar rigurosamente ya que de este depende el buen funcionamiento de lo que queremos realizar ya que en un proyecto tan avanzado como este, la unión de diferentes módulos, la lectura de diferentes sensores y los diversos tipos de comunicación tanto alámbrica como inalámbrica está en manos de nuestro procesador principal por esto hay que tener mucha precisión con el manejo de datos y con el rendimiento que le demos para así poder garantizar el buen desarrollo de nuestro proyecto.
- El dispositivo explora el uso de canales alternativos para la comunicación remota permitiendo utilizar tecnologías adicionales a las generalmente utilizadas para la transmisión de este tipo de información como lo son la red celular.
- Queda en evidencia la importancia de hacer telemetría al transporte de pasajeros ya que esto eleva la seguridad tanto para el vehículo como para las personas que se transportan en él y para los dueños de los vehículos y para las empresas transportadoras
- Este proyecto nos muestra que podemos incluir cada vez más sensores que miden variables externas y que permitan tener información más detallada sobre donde se desenvuelve el vehículo.
- Es importante tener una buena batería de respaldo para evitar la pérdida de información en el momento de sufrir pequeñas interrupciones en el flujo normal de energía.
- El proyecto nos muestra el uso de recursos móviles que permitan acceder la información más fácilmente en comparación con otros sistemas que pueden llegar a ser más complicados de operar como, por ejemplo, sistema de vigilancia por video.
- El mantenimiento es más sencillo porque el dispositivo es más compacto.
- Durante el desarrollo del proyecto se ha comprobado que no solamente se requieren habilidades relacionadas con la ingeniería electrónica, sino que el proyecto incluye habilidades de programación, ingeniería de sistemas, uso de materiales y diseño físico de producto terminado.

## 12. Recomendaciones y mejoras

- Suministrar el voltaje adecuado al dispositivo (12v-24v) para evitar daños internos y para que funcione correctamente con todas las funcionalidades que este posee.
- No alterar su programación inicial ya que esto puede provocar fallas en todo el sistema o en la recolección de datos.
- Conectar correctamente cada uno de los sensores para que estos obtengan una buena lectura y los datos recolectados sean verídicos, de igual forma evitar el uso inadecuado del cableado que posee para evitar ruptura o corto circuito.
- Para una versión mejorada de este proyecto se recomienda realizar una carcasa más robusta es decir de otro material con disipadores de calor para evitar sobrecalentamientos internos y con sistemas de protección más robustos.
- Cada uno de los sensores se podrían mejorar o cambiar por unos más industriales para mejorar la recolección de datos.
- Las pruebas reales muestran que se requiere una programación más eficiente para controlar estados no deseados de los componentes utilizados, por ejemplo, el GPS se tarda en responder, el GSM se bloquea la cámara no inicia con los parámetros iniciales.
- El microcontrolador se podría mejorar por uno de más capacidad de transmisión de datos para poder ser más efectivo el proceso de tratamiento de datos y el sistema sea mucho más rápido.

### 13. Bibliografía

1. DE, M., & COLOMBIANO, T. (2010). Sistema de posicionamiento global-GPS.  
[ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS\\_Modulo.pdf](ftp://gisweb.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf)
2. Correia, P. (2000), *Guía práctica del GPS*, (2002), Barcelona España, MARCOMBO S.A. versión en español, Carles Parcerisas Civit, 2002.
3. Lee, S., Tewolde, G., & Kwon, J. (2014, March). Design and implementation of vehicle tracking system using GPS/GSM/GPRS technology and smartphone application. In *2014 IEEE world forum on internet of things (WF-IoT)* (pp. 353-358). IEEE.
4. Mora, S. B. S., Correa, J. A. C., Delgado, B. M., Ibarra, D. G., & Bustamente, O. A. L. (2019). Sistema de Geolocalización de Vehículos a través de la red GSM/GPRS y tecnología Arduino. *Revista EIA*, 16(31), 145-157.
5. M. Jalaluddin M. Jabeen D. Vijayalakshmi "Service-Oriented Architecture based Global Positioning System" *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) Volume 2 Issue 10 (October 2012) PP 09-13*.
6. F. Trosby H. Kevin and H. Ian "Short Message Service (SMS): The Creation of Personal Global Text Messaging" West Sussex UK: Wiley-Blackwell:2010.
7. S. Kim "Evaluation of Cooperative Techniques for Hybrid/Integrated Satellite Systems" *Communications (ICC) 2011 IEEE International Conference Jeonju South Korea*
8. Annex 12 to Working Party 4B Chairman's Report on the twenty sixth meeting Document 4B/85 27 May 2009.
9. US Air Force Fact Sheets: "Los Angeles Air Force Base Global Positioning Systems Directorate". Available: <Http://www.losangeles.af.mil/library/factsheets/factsheet.asp?id=5311>.
10. Y. Musa J. Wang "Vehicle Tracking and Anti-Theft System using GPSGSM" *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 1 Issue 10 December- 2012*.
11. Y. Cui S. Sam "Autonomous vehicle positioning with GPS in urban canyon environments " *IEEE Trans. Robotics and Automation vol. 19 no. 2 pp. 15-25 Singapore Feb. 2003*.
12. R. Bajaj S. Ranaweena D. Agrawal "GPS: Location-Tracking technology " in *Proc. IEEE International Conf. on Computer San Francisco USA Apr. 2002 vol. 35 issue 4 pp. 92-94*.

## 14.Anexos

### Anexo 1. Presupuesto de componentes comprados en China.

Componente	Referencia	Cant.	Costo unitario	Envió	Costo total
Microcontrolador	Mega2560	1	5,61	3,2	\$ 30.835
PCB		3	2		\$ 21.000
Módulo GPS	NEO 6M UBLOX	1	4,39	3,26	\$ 26.775
CÁMARA- WIFI-Bluetooth- Lector Micro SD	Esp32-CAM	1	4,62	3,2	\$ 27.370
RFID Lector	RDM6300 125KHZ	1	2,27	3,73	\$ 21.000
Tarjeta RFID	RFID 125KHZ	1	2,69	3,2	\$ 20.615
Memoria eeprom	AT24C256 256kbit	1	2,5	1,23	\$ 13.055
Micro SD		1	3,16	3,16	\$ 22.120
Sensor temperatura	DHT11	1	0,84	0,4	\$ 4.340
Sensor lluvia	YL-83	1	0,49	3,17	\$ 12.810
Sensor choque	KY-031	1	0,44	0,48	\$ 3.220
Sensor puerta	FIN 50mm	1	1,11	0,56	\$ 5.845
Botón de pánico	pulsador N.C	1	0,96	2,4	\$ 11.760
Display	128-64zw	1	4,94	4,2	\$ 31.990
Pulsadores	PULSADORES N. A	1	1,11	0,56	\$ 5.845
Caja		1	0	0	\$ 0
Convertidor reductor	DC-DC LM2596	1	0,87	0,53	\$ 4.900

Batería interna	litio 3.7v 3000mah	1	6,49	3,89	\$ 36.330
Cargador de batería	Litio Tp4056	1	1,09	0,32	\$ 4.935
Convertidor elevador	DC-DC MT3608	1	0,37	0,74	\$ 3.885
Rlc		1	2	0	\$ 7.000
					<b>\$315.630</b>

- Los costos han sido calculados con un valor de dólar a \$3.500 pesos colombianos y condiciones económicas a 2019.
- Aunque los precios al parecer no son muy diferentes, la diferencia radica en el costo de envío de los componentes, en muchos de los presentes valores comprar uno o cinco componentes tienen el mismo costo de envío, así cotizar para 5 dispositivos tiene un costo aproximado de \$958.930 por lo que el precio para cada dispositivo sería de \$191.786 pesos colombianos aproximadamente.
- Otro factor a tener en cuenta es el tiempo de envío que está entre 25 y 40 días según el método de envío elegido.
- Los valores calculados no tienen en cuenta el costo de nacionalización o entrada al país, este puede ser desde 0% hasta un 25% del valor del componente y depende de las aduanas nacionales y del método de envío (la transportadora) y el valor del componente declarado.

## Anexo 2. Hojas de especificaciones de cada componente.

Componente	Referencia	Link	Detalle
Microcontrolador	Mega2560	<a href="https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/atmel-2549-8-bit-avr-microcontroller-atmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf">https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/atmel-2549-8-bit-avr-microcontroller-atmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf</a>	
PCB		NA	
Módulo GPS	NEO 6M UBLOX	<a href="https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf">https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf</a>	
CÁMARA-WIFI-Bluetooth-Lector Micro SD	Esp32-CAM	<a href="https://loboris.eu/ESP32/ESP32-CAM%20Product%20Specification.pdf">https://loboris.eu/ESP32/ESP32-CAM%20Product%20Specification.pdf</a>	
RFID Lector	RDM6300 125KHZ	<a href="http://dagabot.com/recursos/tienda/Cat.%205%20Sensores%20(SE)/RFID%20(RF)/SE-RF-TAG2/SE-RF-TAG2.pdf">http://dagabot.com/recursos/tienda/Cat.%205%20Sensores%20(SE)/RFID%20(RF)/SE-RF-TAG2/SE-RF-TAG2.pdf</a>	
Tarjeta RFID	RFID 125KHZ		
Memoria eeprom	AT24C256 256kbit	<a href="http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc0670.pdf">http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc0670.pdf</a>	
Micro SD		<a href="https://www.alliedelec.com/m/d/04db416b291011446889dbd6129e2644.pdf">https://www.alliedelec.com/m/d/04db416b291011446889dbd6129e2644.pdf</a>	
Sensor temperatura	DHT11	<a href="https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf">https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf</a>	
Sensor lluvia	YL-83	<a href="https://urolakostapk.files.wordpress.com/2016/10/yl-83-rain-detector-datasheet_low.pdf">https://urolakostapk.files.wordpress.com/2016/10/yl-83-rain-detector-datasheet_low.pdf</a>	Manual de uso ya que el principio de funcionamiento es resistivo.
Sensor choque	KY-031	<a href="http://areaix.udd.cl/wp-content/uploads/2017/09/Sensor-de-Golpe.pdf">http://areaix.udd.cl/wp-content/uploads/2017/09/Sensor-de-Golpe.pdf</a>	Manual de uso ya que el principio de funcionamiento es resistivo.
Sensor puerta	FIN 50mm	<a href="http://www.ermec.com/catalogos/2018/Elementos-de-conmutacion-pulsadores-interruptores-teclados-joysticks-releed.pdf">http://www.ermec.com/catalogos/2018/Elementos-de-conmutacion-pulsadores-interruptores-teclados-joysticks-releed.pdf</a>	Documentación similar ya que los componentes son genéricos, o sea, el elemento no tiene una referencia específica.
Botón de pánico	Pulsador N.C		
Display	128-64zw	<a href="https://www.exploreembedded.com/wiki/images/7/77/QC12864B.pdf">https://www.exploreembedded.com/wiki/images/7/77/QC12864B.pdf</a>	

Pulsadores	PULSADORE S N. A	NA	
Caja		NA	
Convertidor reductor	DC-DC LM2596	<a href="http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf">http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf</a>	
Batería interna	litio 3.7v 3000mah	NA	
Cargador de batería	TP4056	<a href="https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf">https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf</a>	
Convertidor elevador	DC-DC MT3608	<a href="https://www.olimex.com/Products/Breadboarding/BB-PWR-3608/resources/MT3608.pdf">https://www.olimex.com/Products/Breadboarding/BB-PWR-3608/resources/MT3608.pdf</a>	
Rlc		NA	

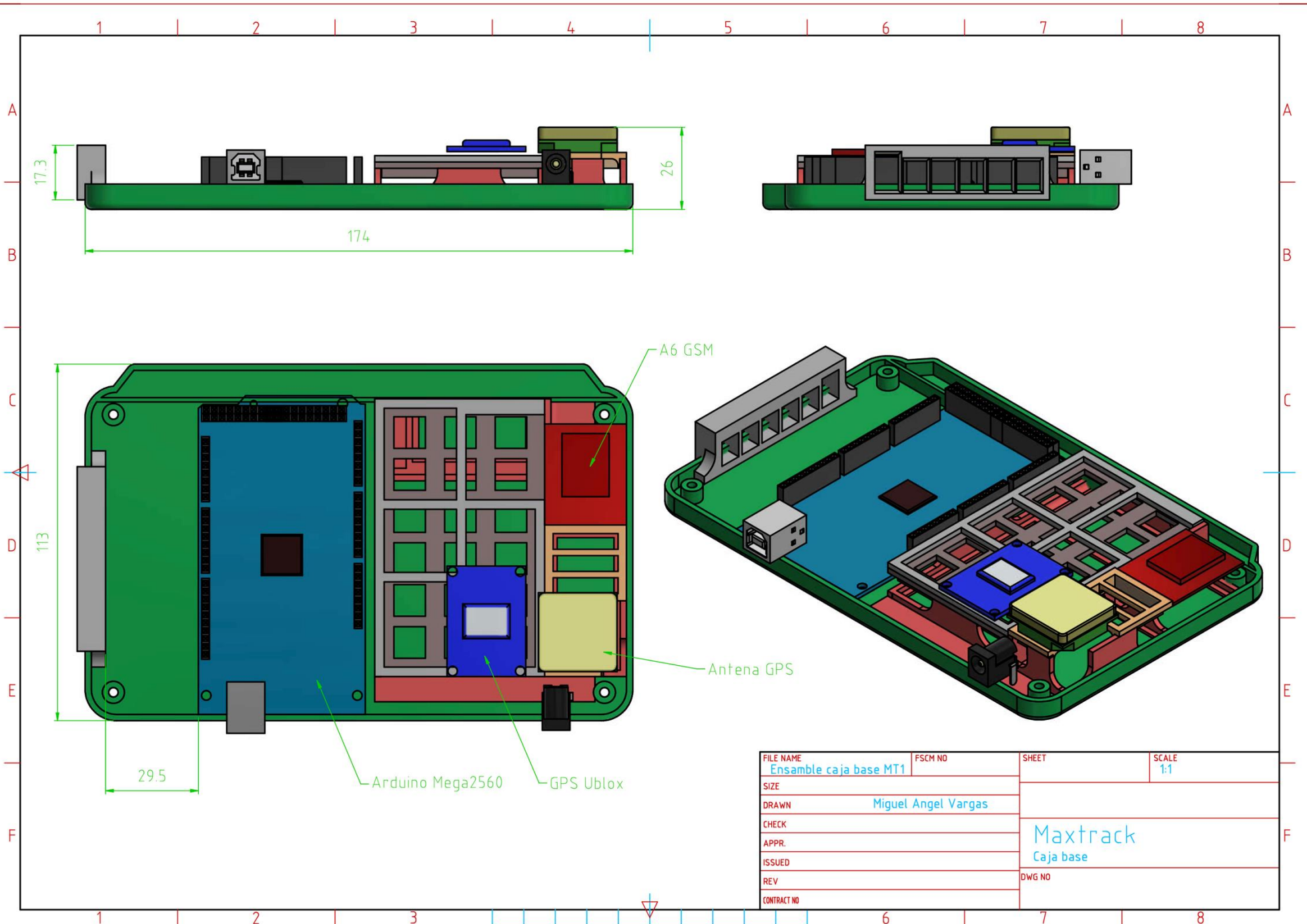
### Anexo 3. Espectro de frecuencias en Colombia.

- Documento oficial de la Agencia Nacional de Espectro:  
<https://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/Planeacion/cnabf/cnabf.pdf>
- Cuadro resumido sobre el uso de las frecuencias en Colombia:  
[https://www.radioaficionados.sabanalarga.org/espectro\\_col.pdf](https://www.radioaficionados.sabanalarga.org/espectro_col.pdf)

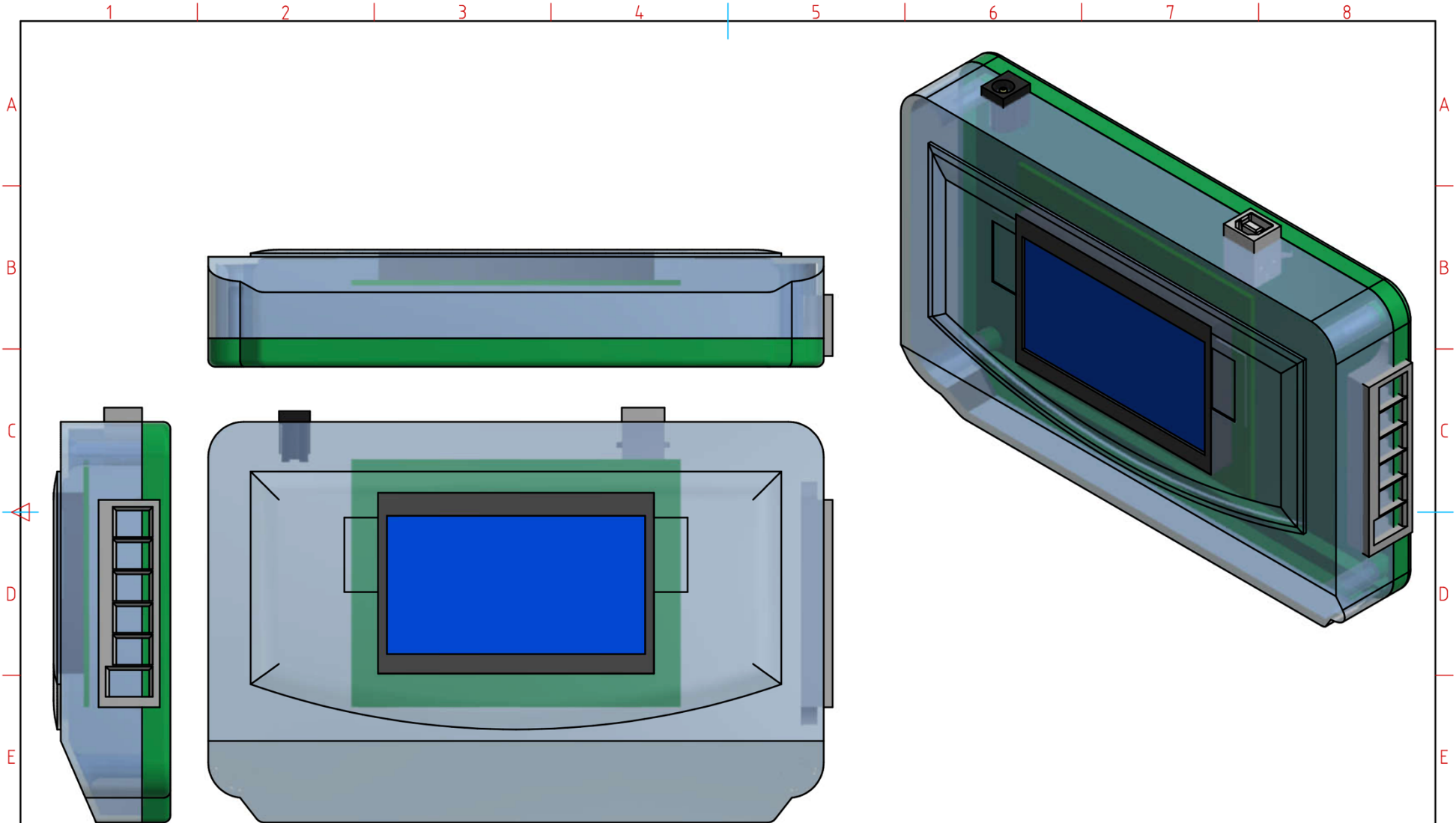
**Anexo 4. Polímeros usados en impresión 3D.**

<b>Material</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Uso</b>
ABS	240	No es biodegradable, pero es muy tenaz, duro y rígido, con resistencia química y la abrasión.
PLA	210	Es biodegradable y normalmente se obtiene de almidón de maíz, por lo que al derretirse huele casi a comida y puede usarse para recipientes de comida.
HIPS	220	Suele usarse en combinación con el ABS para hacer piezas con espacios huecos, usando el HIPS como soporte que luego se eliminará con D-Limoneno, con el que es soluble mientras que a él la acetona no le afecta.
PETG	230	Es uno de los materiales más usados para las botellas y otro tipo de envases. Su principal propiedad es su capacidad de cristalización, generando piezas transparentes con efectos sorprendentes.
Ninja Flex	215	Filamento tiene prácticamente la consistencia de una cuerda de goma, y las piezas resultantes puede deformarse ampliamente.
NYLON	260	Su principal problema es la falta de adhesión de la pieza a la bandeja, que causa muchos fallos además de un warping muy difícil de controlar.

Anexo 5. Diseño 3D de componentes -Vista interna -

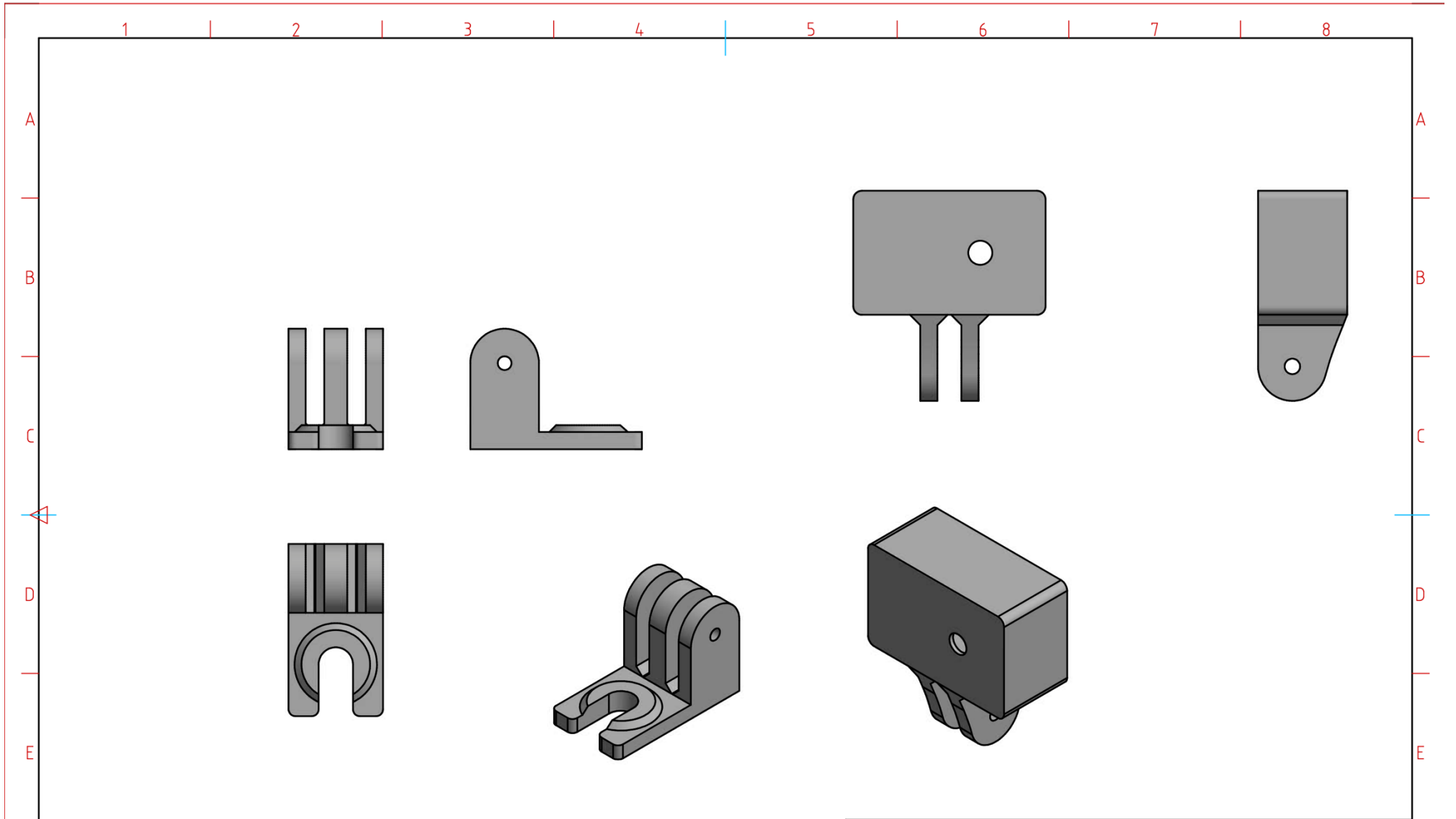


Anexo 6. Diseño 3D de componentes -Vista exterior -



FILE NAME	FSCM NO	SHEET	SCALE
Ensamble completo MTv1			1:1
SIZE			
DRAWN	Miguel Angel Vargas		
CHECK			
APPR.			
ISSUED			
REV	DWG NO		
CONTRACT NO	-		

Anexo 7. Diseño 3D de componentes – Cámara -



FILE NAME	FSCM NO	SHEET	SCALE
Case camara ESP32 MT1			1:1
SIZE			
DRAWN	Miguel Angel Vargas		
CHECK			
APPR.			
ISSUED			

