

Diseño de producto IoT - HELIOT

Proyecto: HELIOT

Versión-No: 2

Fecha: 30 noviembre de 2020

Autor(es): Cristian A. Montaña, Jhonatan F. Rodríguez, Iván L. Sánchez.

Contexto de la Problemática

La problemática analizada para establecer esta iniciativa o proyecto, es el uso de aparatos móviles durante la conducción de motocicletas.

Con el paso de los años los dispositivos móviles han adquirido demasiada utilidad al ofrecer miles de funciones para cualquier persona, sin embargo, su uso conlleva ciertas precauciones. Un conductor no debe usar un dispositivo como estos durante la conducción, esto puede ser mortal al ocasionar un accidente que involucre su vida e incluso la vida de otra persona. Es importante resaltar que en Colombia, en el año anterior según datos del Instituto Nacional de Medicina Legal, 6.329 personas han muerto en accidentes viales. Sorprende que el 51.2% de las víctimas son motociclistas y aunque estos accidentes se deben a distintas causas, el uso del celular durante la conducción puede ser una de ellas.

Adicionalmente, algunos motociclistas usan el celular en algún tipo de soporte ubicado en su vehículo con el fin de facilitar su uso, esto es bastante útil si se usa de manera apropiada y consciente, pero al transitar por una zona donde la delincuencia puede estar presente estas herramientas pasan a estar completamente desprotegidas y dar paso a ser víctima de un robo.

Visión Global de la Solución Propuesta

La solución propuesta es la integración de un casco junto con diferentes módulos y funciones que lo conviertan en un casco inteligente. Más adelante se explicaran los módulos y sus respectivos funcionamientos. Mediante un casco inteligente se busca solucionar la problemática expuesta, garantizando al motociclista una sofisticada y útil solución a no tener que usar su dispositivo móvil durante la conducción. Además evitando el uso de soportes que causen inseguridad para su dispositivo móvil. El nombre comercial que se le dará a esta solución es “**HelioT**”, nombre que es la combinación de dos palabras, “**Helmet**” que es la palabra casco en inglés y “**IoT**” que es la tecnología que va transformar un simple casco en un este dispositivo inteligente y con conectividad.

Objetivos del proyecto

- **Objetivo General**

Diseñar un sistema de seguridad integrado en un casco de motocicleta el cual brinde seguridad de forma pasiva y cumpla con todos los propósitos y características de un dispositivo con tecnología IoT.

- **Objetivos Específicos**

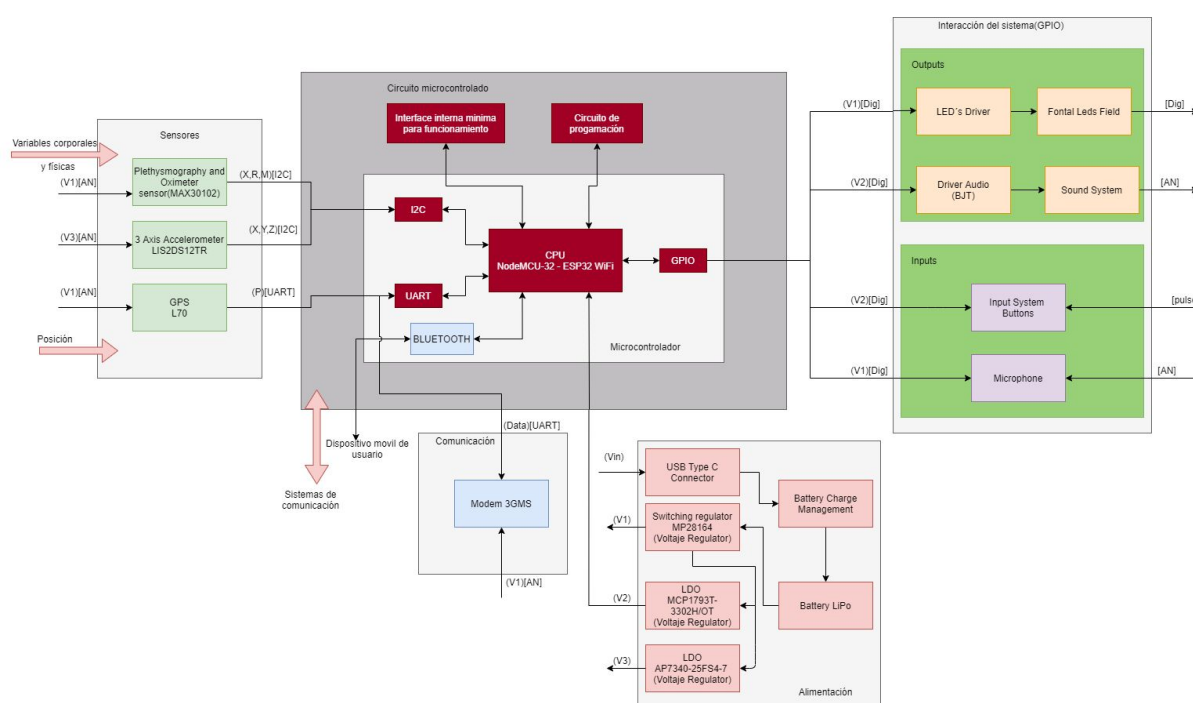
- Demostrar la utilidad y eficiencia de un sistema basado en tecnología IoT con el fin de proporcionar una base sólida para el desarrollo de productos futuros.
- Sugerir una solución para reducir el porcentaje de accidentes viales de motorizados producidos a causa del uso de aparatos móviles mientras se conduce.

Descripción del Prototipo

Heliot es un casco de motocicleta el cual cuenta con un sistema de seguridad dentro de él, el cual le permite monitorear los signos vitales del conductor en todo momento con el fin de registrar su estado de salud en caso de un accidente, para el cual también dispone de un llamado de emergencia automático el cual enviará un mensaje de emergencia a las autoridades de tránsito cercanas con el fin de alertar del problema presentado.

Este casco también cuenta con la posibilidad de una conexión por medio de bluetooth hacia un dispositivo móvil celular con el cual se puede comunicar y dar instrucciones al asistente del mismo por medio de un micrófono, esto con el fin de fijar tareas, usar alguna aplicación de tránsito automotor en tiempo real y navegación asistida por GPS e incluso realizar llamadas. Por último, el casco cuenta con luces frontales y altavoces internos.

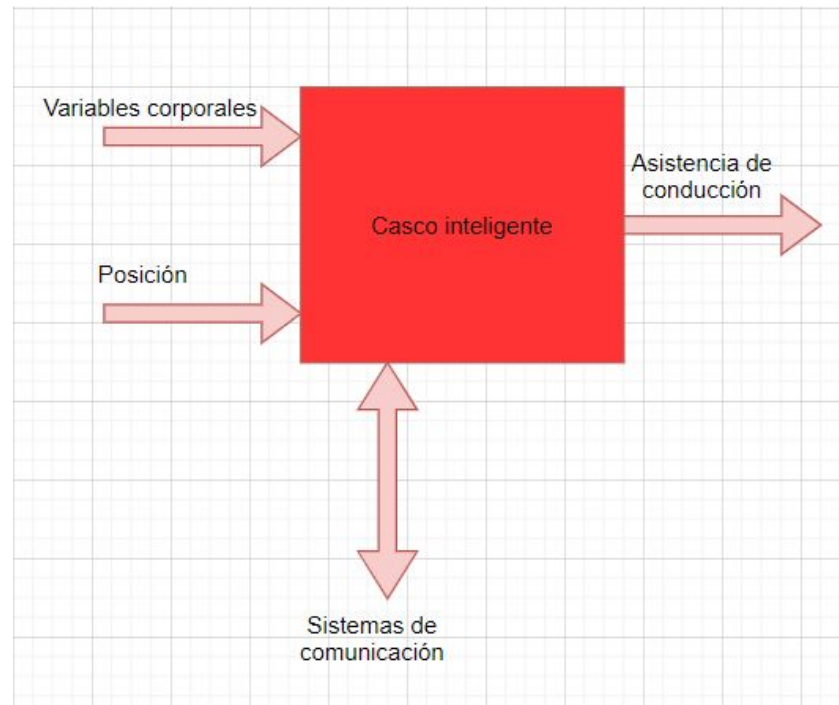
Diagrama de bloques



Descripción técnica del Sistema IoT

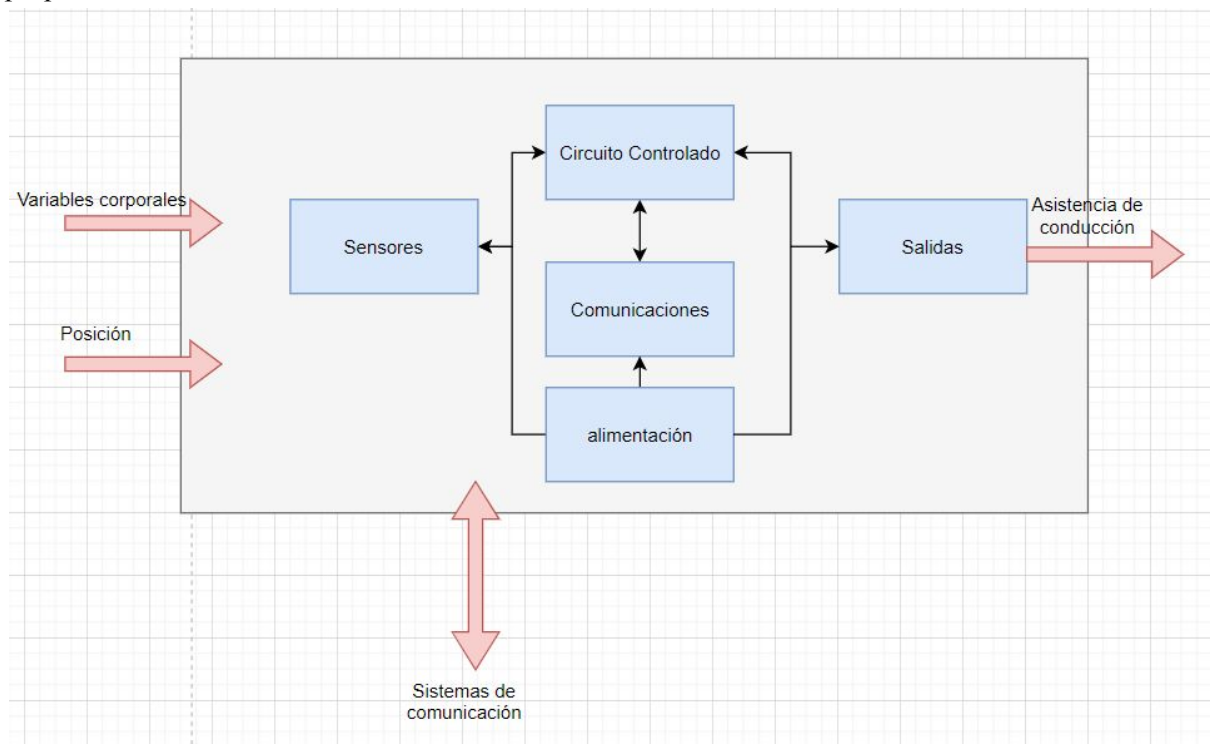
El sistema se vale de una placa NodeMCU-32 ESP32(WROOM), como controlador de procesos. Se elige este microcontrolador por sus ventajas mecánicas (dimensiones reducidas), disponibilidad de pines (variedad de GPIO's, ADC, PWM) y compatibilidad con diferentes sistemas de transmisión (Bluetooth v4.2 ble interno, UART, I2C), que resultan convenientes a la hora de plantear el circuito. Además cuenta con modos de energía específicos, véase en el datasheet adjunto, que maximizan la eficiencia del circuito para permitir más tiempo de uso del dispositivo.

A continuación se tiene el sistema simplificado en bloques, mostrando a groso modo los objetivos del proyecto:



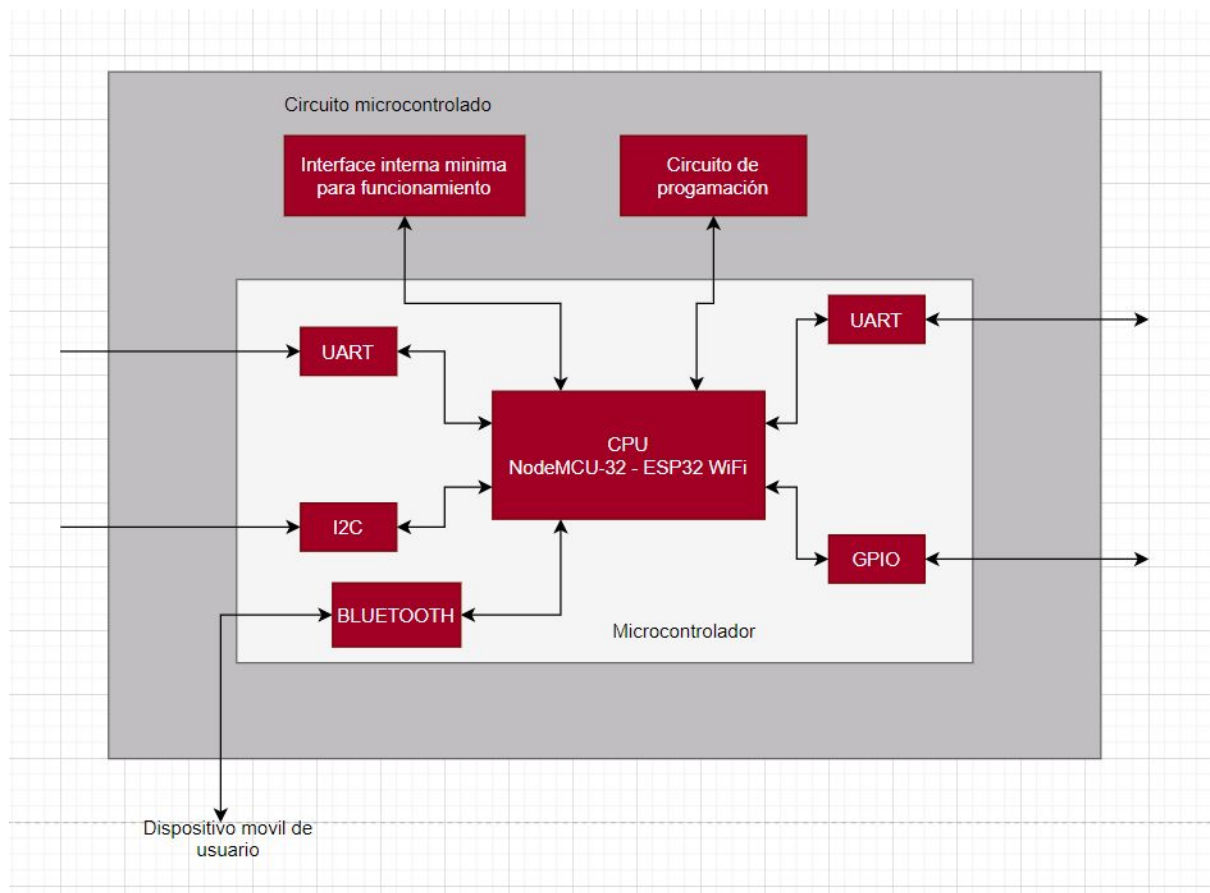
Como se evidencia, se van a recibir determinadas variables físicas por medio de los sensores descritos posteriormente, con ello se hacen los pertinentes análisis y los módulos de comunicación (Bluetooth y GSM) comunican estos datos. Además de las interacciones propias del usuario con el sistema que desembocan respuestas en comunicación o en asistencias de conducción.

Después de realizada esta generalización del sistema, procedemos a identificar los bloques funcionales y cómo se relacionan estos con el fin de satisfacer los requerimientos, en un principio propuestos.

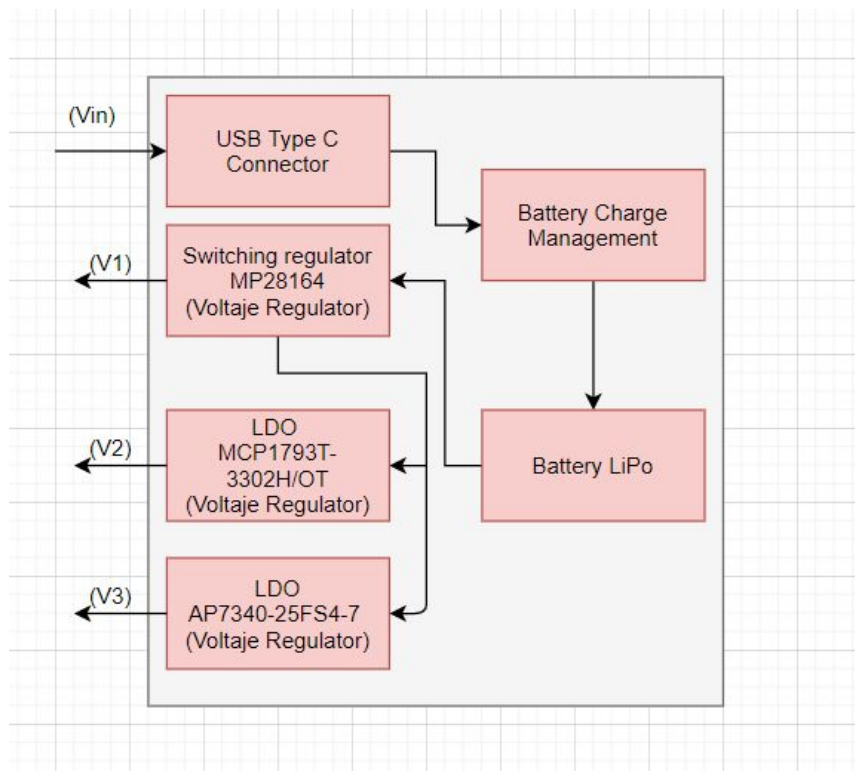


Ya identificados los bloques, procedemos a expandir cada uno de estos mostrando los módulos que los componen, el tipo de señal que reciben, cómo se comunican con los otros subsistemas, además de la red individual de alimentación pertinente a cada periférico.

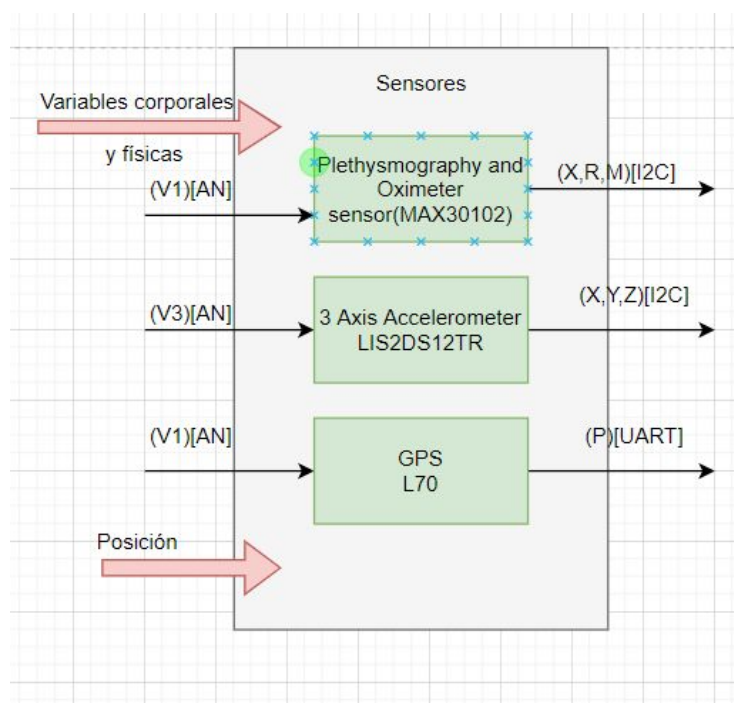
El primero es el circuito del microcontrolador, en el cual podemos identificar los buses de comunicación (I2C, UART), pines (GPIO), módulos internos (Bluetooth), y las áreas de codificación que hacen las cuantificaciones necesarias del proceso.



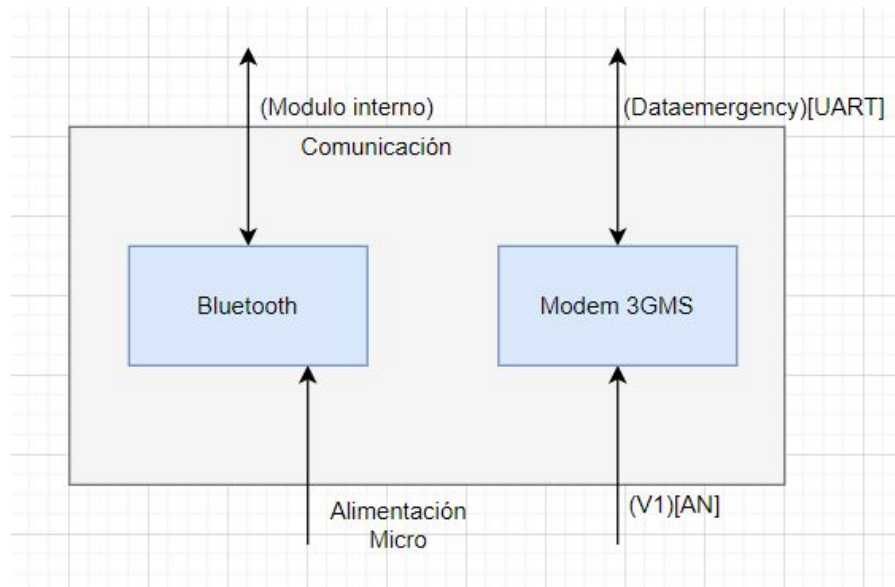
Siguiente tenemos el área de alimentación que cuenta con múltiples elementos, como puerto de carga, el cual va a ser mediante un puerto USB-C, que me permite recibir energía de forma rápida y eficiente, modulo de baterías, entendiéndose que este se conforma por la batería y el circuito de control de carga requerido, y por último los reguladores, 3 en este caso: 2 LDO; 1.7 V y 3.3 V, regulador switching; red general de alimentación del cual van a salir los LDO. Se incorpora el regulador switching para establecer una salida de la batería constante, además de que cumple la función de minimizar los picos de corriente que se puedan presentar.



En cuanto a sensórica, para el circuito se requieren 3 sensores: GPS, esencial para la detección en tiempo real de la posición del usuario así como su recorrido, este se alimenta del regulador principal (switching) debido a sus necesidades de tensión, este va a enviar información al micro por medio de UART, acelerómetro de tres ejes (X,Y,Z) alimentado por el tercer regulador (LDO a 1.7), entrega señales por medio de I2C y el sensor de oximetría y pulso alimentado por el regulador principal, valiéndose también de comunicación I2C.

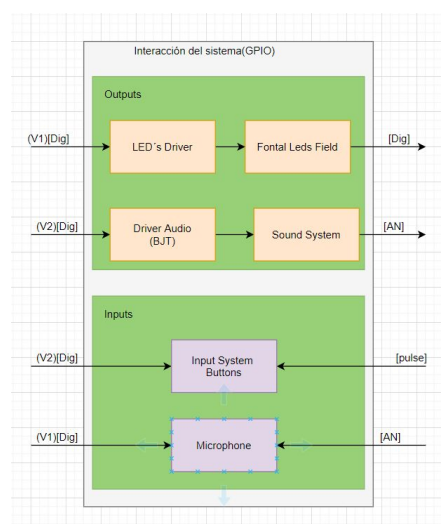


La comunicación se va a efectuar con dos protocolos, con una función específica para cada uno: Bluetooth; para enviar datos adquiridos por los sensores, comunicación con dispositivo móvil y activación de micrófono y altavoces, en cuanto a la GSM; para llamados de emergencia en caso de accidente, esto por su cobertura y facilidad de uso para ello.



Es notable que el módem GSM se encuentra en un módulo específico que se va a alimentar desde la salida del regulador principal, mientras que el BLUE se encuentra embebido en la misma placa de procesamiento, por efectos de diseño y practicidad.

Por último tenemos el bloque de interacción(GPIO), aquí se encuentran los sistemas de entrada: sistema de interacción de pulsadores(llamadas de emergencia volumen entre otros), micrófono para comunicar con un asistente virtual del teléfono además de poder contestar llamadas. Y salidas: altavoces; con el fin de escuchar alertas que puede generar un asistente virtual (Waze por ejemplo) para la conducción, opción de música, maximización del sonido ambiente para evitar distracciones y escuchar llamadas telefónicas de ser necesario, y la salida de LED's la cual se usa para ahondar en la parte estética, los cuales van a funcionar, alumbrando los pómulos del conductor sin afectar los ojos del mismo, para que este permita que lo vean e identifiquen de forma sencilla.



Requerimientos:

- **Requerimientos funcionales**

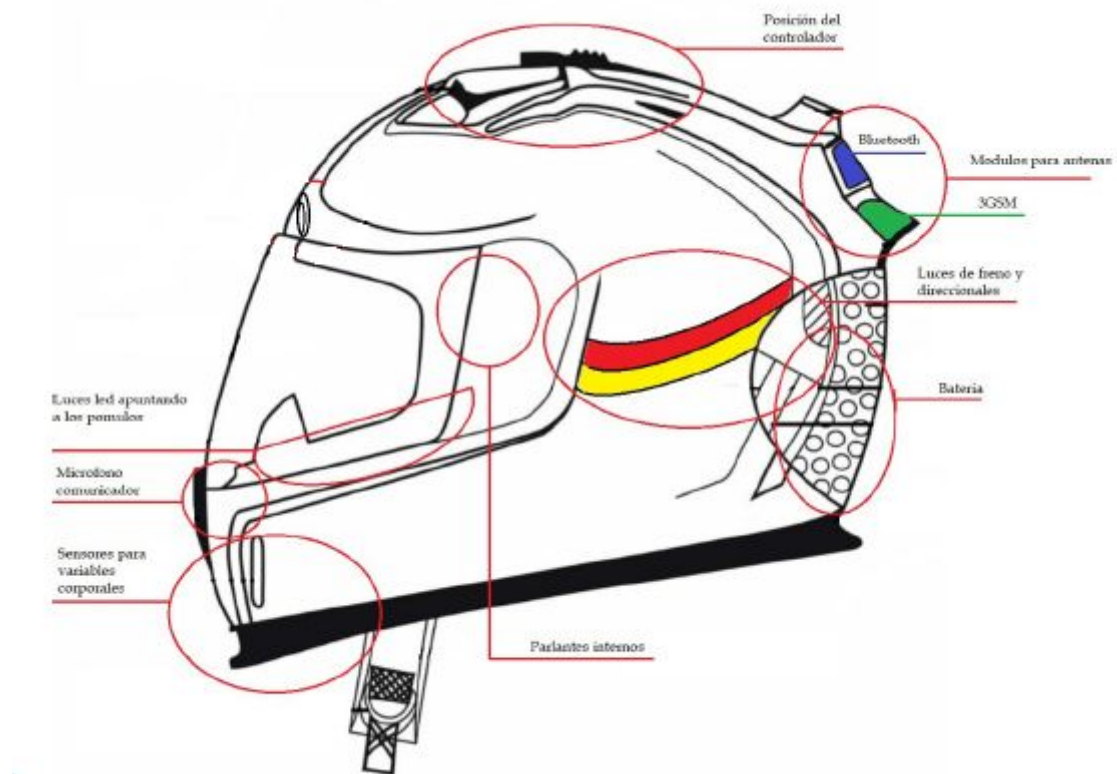
- Sistema de geoposicionamiento
- Posibilidad de conectarse con el celular
- Audio interno
- Llamadas de emergencia
- Sensores para medición de variables corporales.

- **Requerimientos no funcionales**

- Luz frontal

Primer Mockup

Para tener una primera visión general de cómo luciría Heliot, realizamos el siguiente Mockup para tener ciertas consideraciones a la hora de ubicar los módulos y componentes del sistema:



Etapa de diseño del proyecto

1. Selección de componentes principales:

Para esta sección se realizó una consideración de varios componentes que podrían conformar los respectivos módulos del circuito, luego de una comparación correspondiente a las especificaciones de cada uno de los elementos y su proveedor. La lista de los elementos seleccionados es la siguiente:

Componentes principales seleccionados		
MCU		
ESP32-WROOM-32	Microcontrolador	Digikey
Sensorica		
MAX30102EFD+T	Sensor de oximetria y pulso cardiaco	Mouser
LIS2DS12TR	Acelerómetro de bajo consumo	Digikey
L80RE-M37	Módulo GPS(Antena integrada)	Mouser
Comunicaciones		
SIM800L	Módulo 3GSM	Digikey
Bluetooth	Integrado en la tarjeta	-----
Alimentación		
603048	Bateria LiPo(3.7V - 900mAh)	Digikey
MP28164	Regulador switching	Mouser
MCP1793T-3302H/OT	Regulador LDO	Mouser
AP7340-25FS4-7	Regulador LDO	Mouser
USB4085-GF-A_REVA	USB Tipo C	Digikey
Interacción		
SMT-0540-S-R	Parlante	Mouser
MO093803-2	Micrófono Omnidireccional	Mouser
Switchs	3 Botones para interacción	Digikey
LED	Alerta Visual	Digikey
Almacenamiento		
AP-MSD256ISI-1T	Tarjeta SD 256 MB	Digikey

2. Análisis de consumo:

Este apartado es fundamental para tener en cuenta y seleccionar la batería que se tendrá en el circuito, también nos permite encontrar la duración de la batería. Para calcular el consumo se deben tener en cuenta los componentes que van a estar en consumo continuo. Mediante la siguiente tabla se permitió encontrar dicho dato, teniendo en cuenta la información suministrada por las hojas de datos de cada componente. En el caso de la ESP32 WROOM-32 y el Modem 3GSM es importante tener en cuenta su consumo cuando se realiza la comunicación mediante UART, tanto en modo sleep y modo activo.

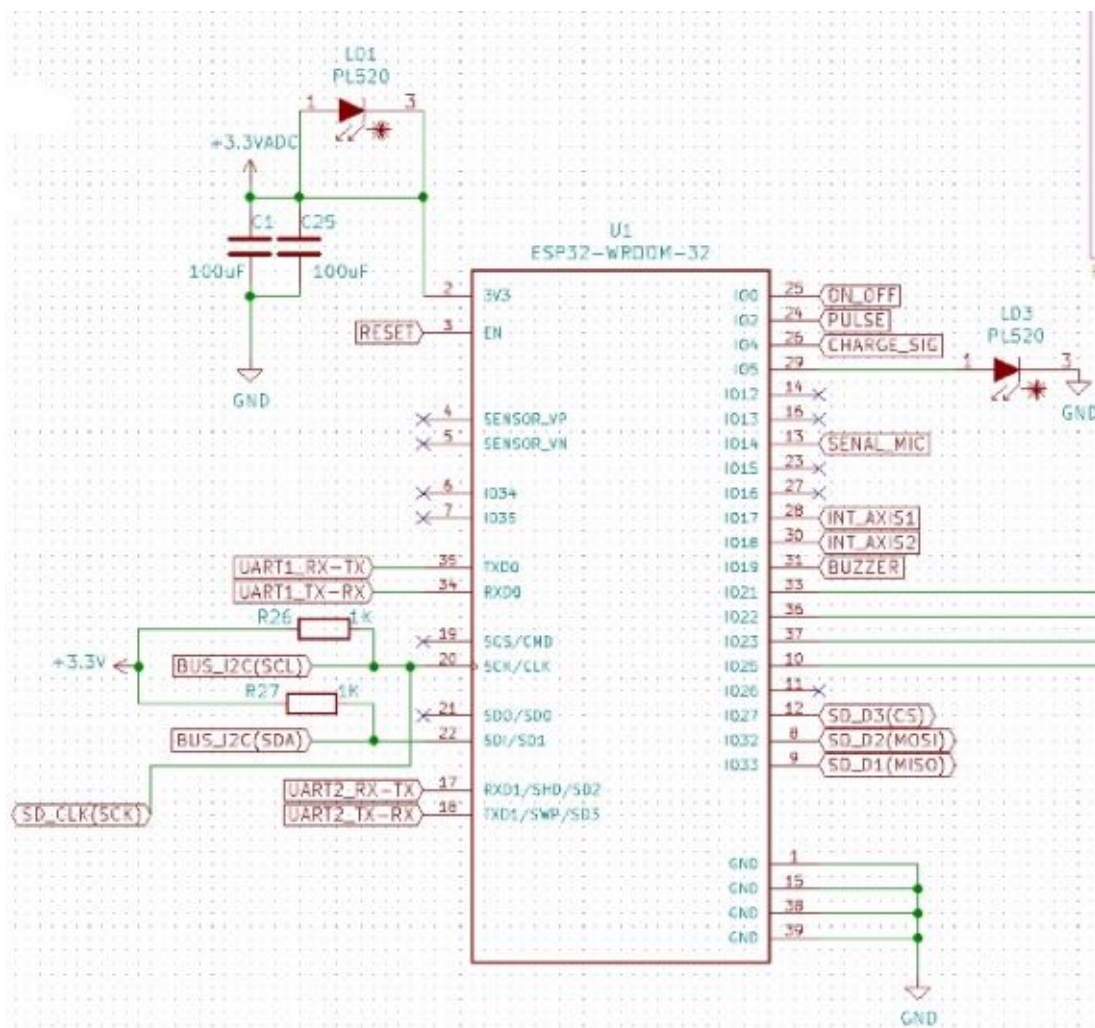
	ESP32 WROOM-32			Micrófono	Parlante	Sensor Pulsómetro	Acelerómetro	GPS	Modem 3GSM		
	Modem-Sleep mode	Active mode (802.11n)							Sleep-mode	Active mode	
	Single-Core chip 80MHz	Tx	Rx							Tx	Rx
Aproximado Corriente [mA]	0,15	180	100	0,5	70	0,6	0,15	25	0,796	42,5	170
Tiempo Consumo hora [s]	3600	1	1	150	150	3600	150	3600	3600	1	1
Consumo [mAh]	0,15	0,05	0,03	0,02	2,92	0,6	0,01	25,00	0,80	0,01	0,05
Consumo Acumulado [mAh]	29,63										

El consumo del sistema es de 29,63 mAh. Con este dato, se procede a seleccionar la batería adecuada para que se logre una duración prolongada. Para esto realizamos una comparación entre 6 baterías LiPo de 3.7 V, seleccionando la batería de 900mAh con la que se puede conseguir una duración de 30,38 h:

	Comparación duración de baterías					
Capacidad batería [mAh]	900	800	600	500	250	180
Duración batería [h]	30,38	27,00	20,25	16,88	8,44	6,08

3. Esquemático:

Raíz: Luego de tener los componentes principales para cada uno de los elementos se procede a elaborar el esquemático, el cual mostrará la distribución de pines y conexiones que tendrá el circuito de nuestro proyecto. Es fundamental definir los pines correspondientes para cada uno de los componentes ya mostrados, teniendo en cuenta la funcionalidad de este en la hoja de datos del microcontrolador. Para la elaboración de este, se utilizó la herramienta de diseño KiCad, estableciendo una distribución por medio de hojas, en la principal(Raíz) se encuentra el MCU, una interfaz SPI para la lectura de la tarjeta SD y el acceso a las demás hojas correspondientes a los bloques.



Teniendo en cuenta el esquemático mostrado se puede realizar la siguiente tabla, la cual deja en claro las conexiones del microcontrolador, junto con su alimentación y tierra correspondientes. Teniendo en cuenta los pines necesarios para la conexión con los bloques de sensores, comunicación y de interacción. La ventaja de utilizar este microcontrolador es que brinda y cuenta con una gran capacidad para puertos UART y GPIO, que para nuestro proyecto son de los que más se necesita tener disponibilidad.

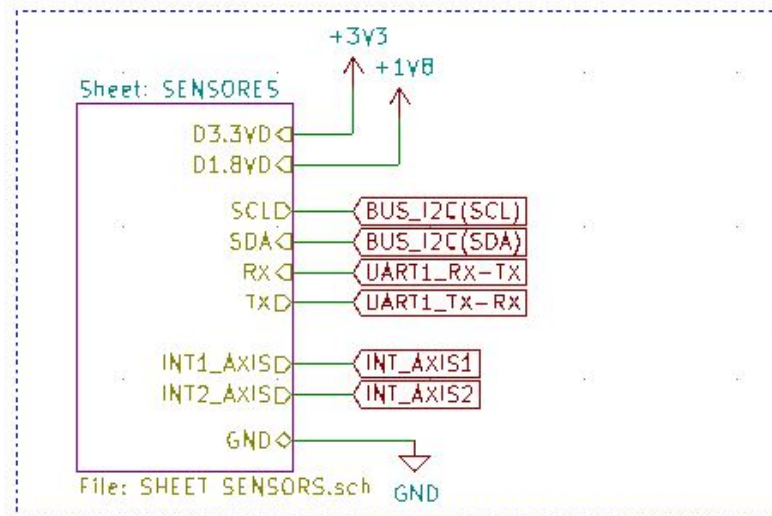
A continuación se presenta la tabla con los Pines utilizados en el microcontrolador:

Microcontrolador	Pin	Pin	Dispositivo
ESP32 - WROOM32	IO14 - PIN13	SENAL_MIC	MO093803-2
	IO17 - PIN28	INT_AXIS1	LIS2DS12TR
	IO18 - PIN30	INT_AXIS2	
	IO19 - PIN31	BUZZER	SMT-0540-S-R
	TDX0 - PIN35	UART1_RX-TX	L80RE - M37
	RXD0 - PIN34	UART1_TX-RX	
	SCK/CLK - PIN20	BUS_I2C(SCL)	MAX30102EFD+T
	SDI/SD1 - PIN22	BUS_I2C(SDA)	
	RXD1/SHD/SD2 - PIN17	UART2_RX-TX	SIM800L - Modulo 3GSM
	TXD1/SWP/SD3 - PIN18	UART2_TX-RX	
	IO22 - PIN36	VOL+	Switch - Button 1
	IO21 - PIN33	VOL-	Switch - Button 2
	IO23 - PIN37	RES-COL-EME	Switch - Button 3
	IO25 - PIN10	ON/OFF	Switch - Button 4
	IO0 - PIN25	ON_OFF	BAT54TW-7-F
	IO2 - PIN24	PULSE	BAT54TW-7-F
	IO4- PIN26	CHARGE_SIG	BQ24D75RGTR
	IO27 - PIN12	SD_D3(CS)	CD4050BD
	IO32 - PIN8	SD_D2(MOSI)	CD4050BD
	IO33 - PIN9	SD_D1(MISO)	ST-TF-003A

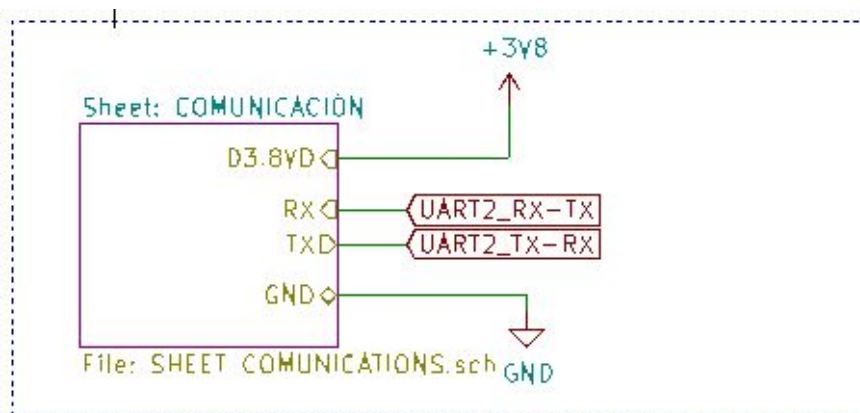
Hojas

Las hojas que se disponen son las siguientes, relacionadas con sus respectivos bloques, evidenciando sus entradas y salidas conectadas con la raíz.

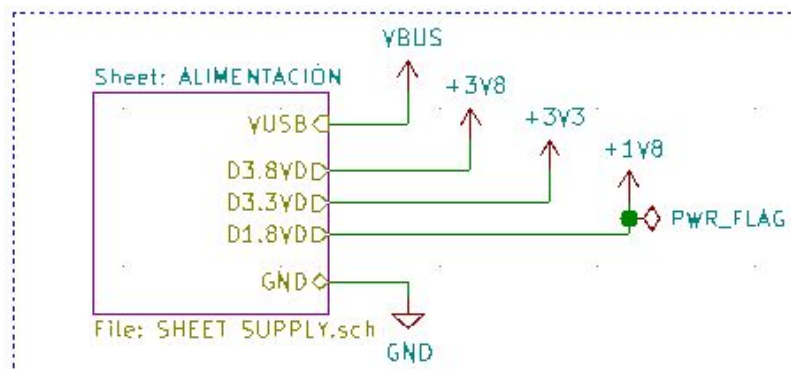
- Sensores:



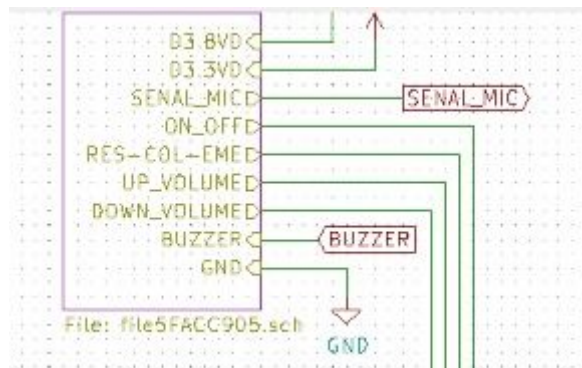
- Comunicación:



- Alimentación.



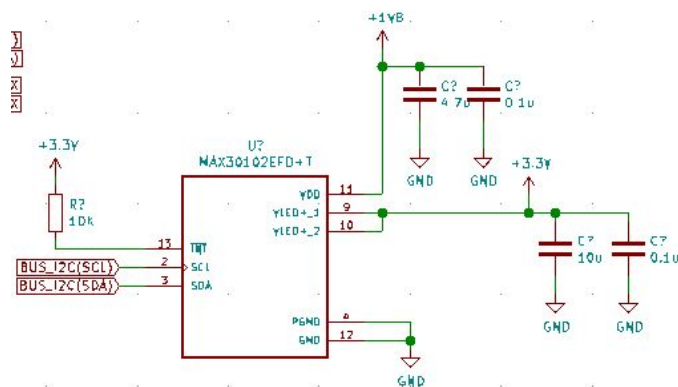
- Interacción:



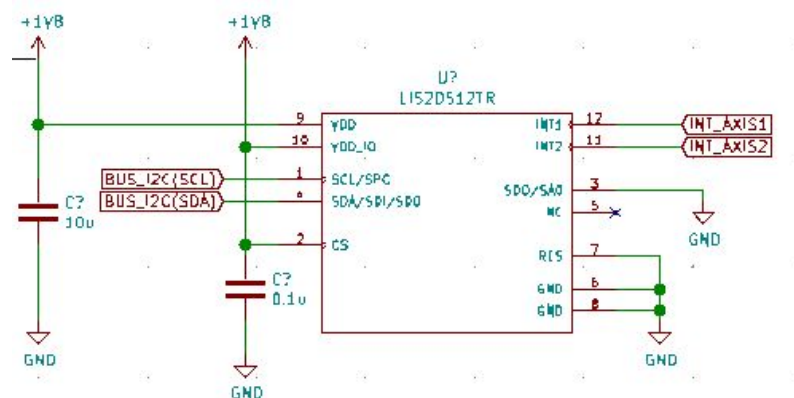
Sensores:

En esta hoja encontraremos el esquemático de los respectivos componentes que se encargan de tomar datos y variables. Podemos destacar:

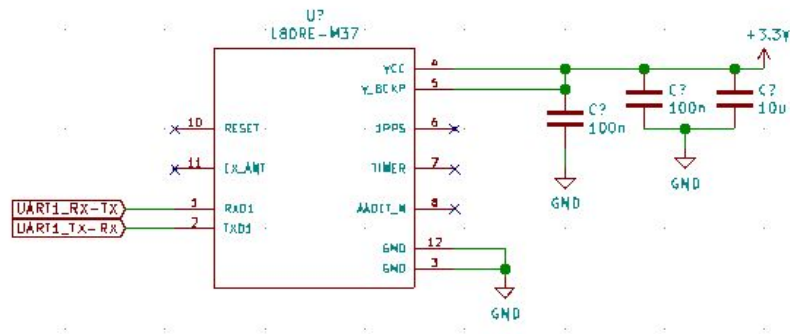
- **MAX30102EFD+T (Sensor de oximetría y pulso cardíaco):** Encargado de tomar los datos relacionados con el conductor de forma continua. Utiliza comunicación I2C, y se caracteriza por recibir dos voltajes de operación, uno de 1.8 V y otro 3.3 V. Adicionalmente cuenta con los respectivos elementos circuitales que garantizan su protección.



- **LIS2DS12TR (Acelerómetro):** Este sensor es el encargado de detectar cambios bruscos con respecto a la posición del casco, es decir puede detectar si se presenta un accidente. Se comunica mediante I2C y su voltaje de operación es de 1.8 V.



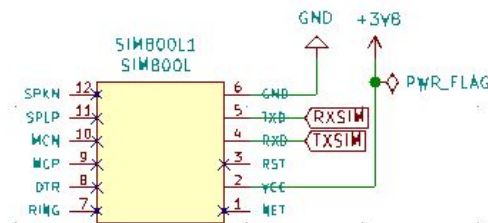
- **L80RE-M37(Módulo GPS):** Este componente es el encargado de dar a conocer la posición del conductor. Se comunica mediante el puerto UART, y necesita un voltaje de operación de 3.3V.



Comunicación:

En esta hoja se puede encontrar el módulo 3GSM, el encargado de hacer la comunicación de este dispositivo, adicionalmente el bluetooth integrado en la ESP32 WROOM32 permitirá conectividad con el celular.

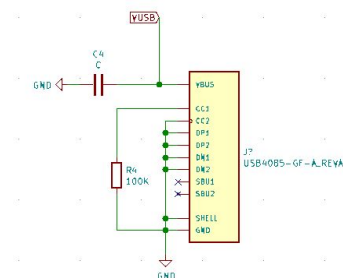
- **SIM800L(Módulo GPS):** Este módulo es el encargado de conectar nuestro dispositivo a una red. Mediante este módulo se tiene la opción de realizar una llamada de emergencia en caso de que el conductor lo solicite, simplemente con accionar un botón, dicha llamada se puede establecer a ciertos números en específicos como pueden ser servicios de emergencia o un familiar.



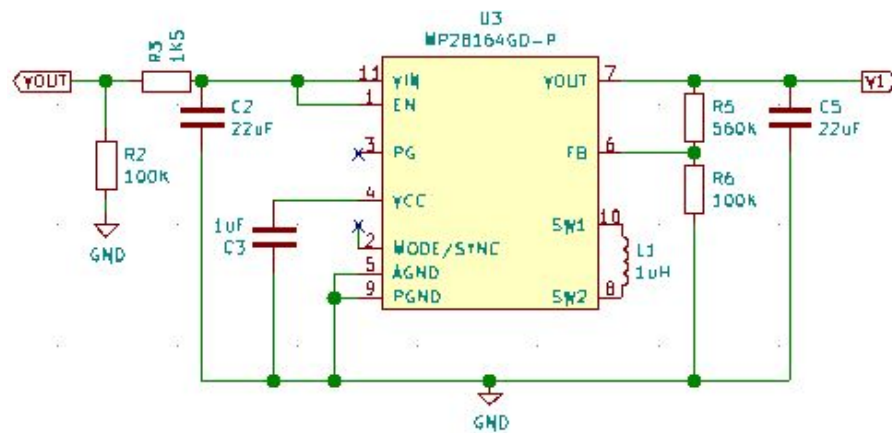
Alimentación:

En esta hoja se encuentran los elementos relacionados con la energía y el consumo del circuito, incluyendo la batería, el circuito para su carga, el USB tipo C y los respectivos reguladores para los voltajes de operación que se manejan en el circuito.

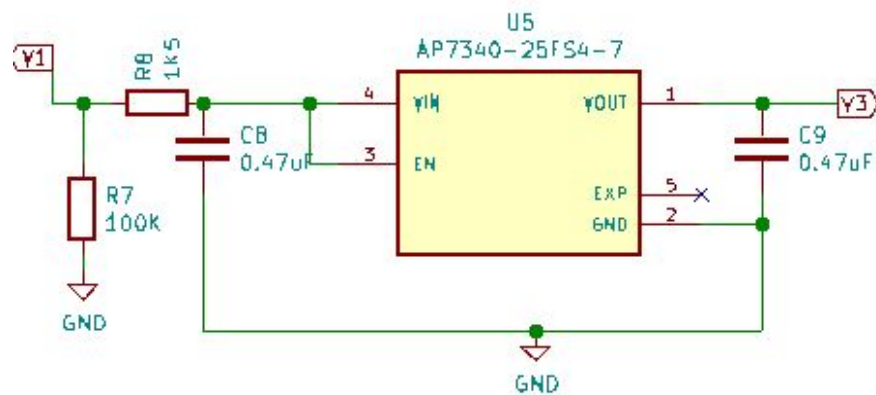
- **USB tipo C:** esta será la conexión entre el dispositivo y el cargador necesario para realimentar el sistema cuando su batería se encuentre agotada.



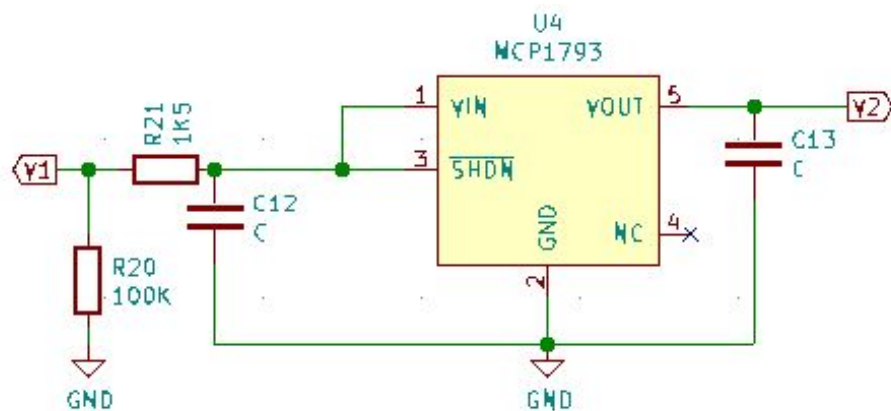
- **MP28164GD-P(Regulador switching):**



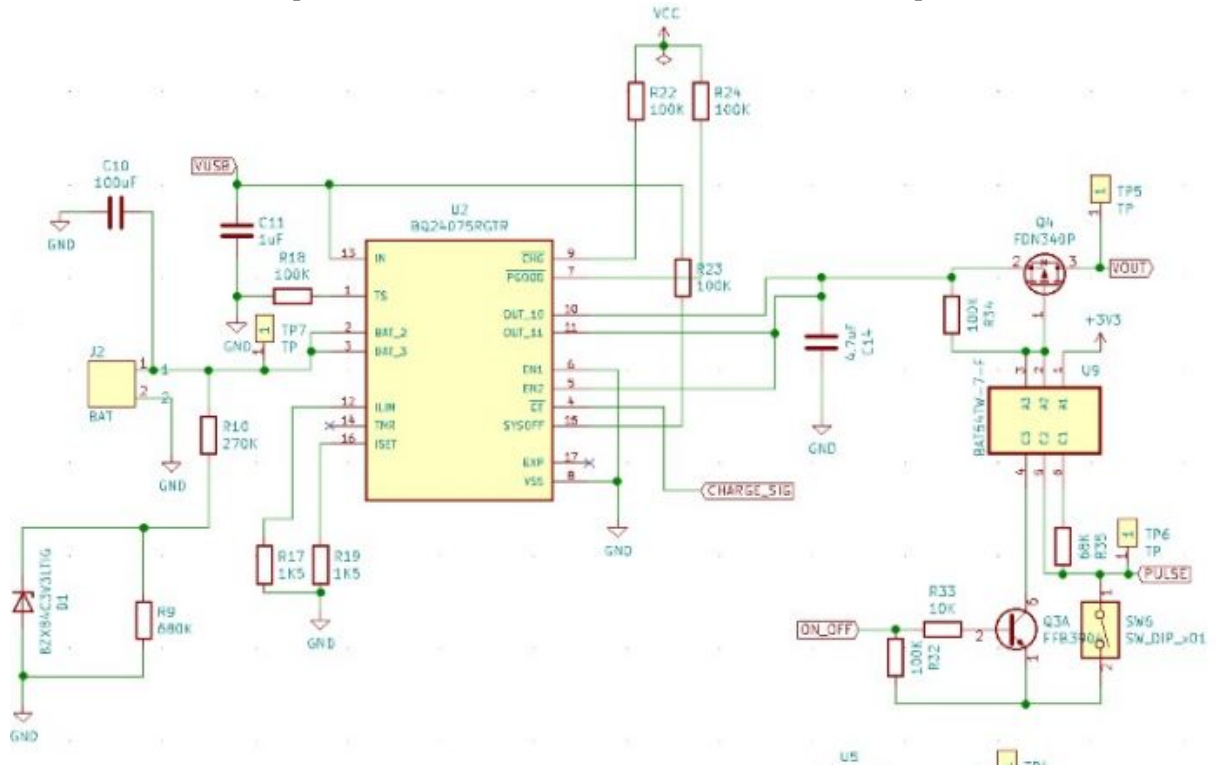
- **AP7340-25FS4-7(Regulador LDO):**



- **MCP1793(Regulador LDO):**



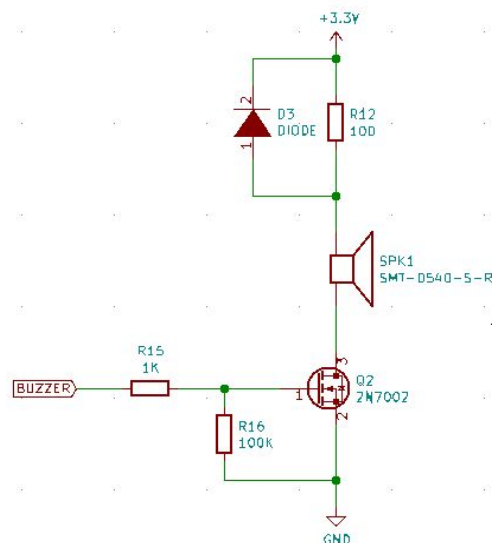
- **Circuito de carga:** En este circuito tenemos la batería, un controlador de carga (BQ24075RGTR) y la conexión en voltaje recibido mediante el USB. También cuenta con el circuito necesario para el encendido automático en la parte derecha.



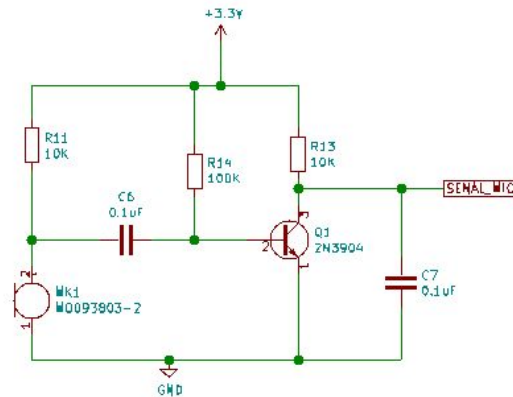
Interacción:

En este apartado se encuentra la forma en la que tanto el usuario como el dispositivo interactúan entre sí, según las preferencias o peticiones del usuario.

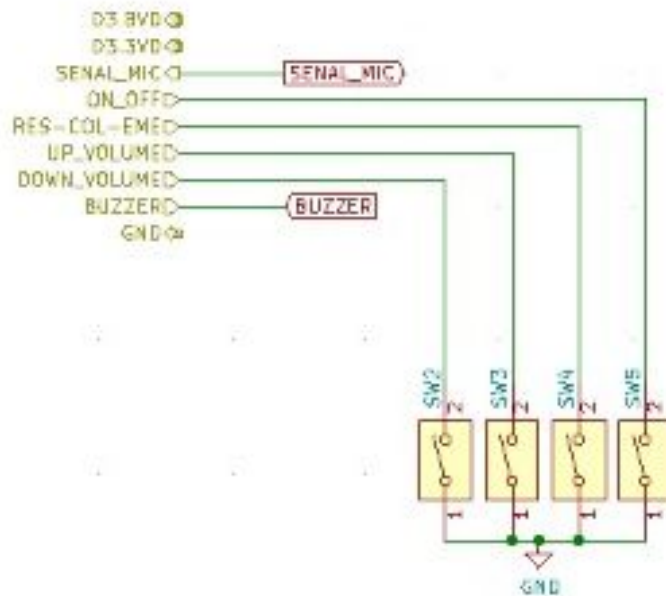
- **SMT-DS40-S-R(Parlante):** Se encargará de reproducir el sonido del asistente guiado, las llamadas y las alertas que se presenten según la situación. Se muestra el circuito ideal para que este opere de manera óptima.



- **MO093803-2(Micrófono Omnidireccional):** Componente que con el circuito adecuado se encarga de recibir la voz del conductor para realizar peticiones o hablar durante una llamada.



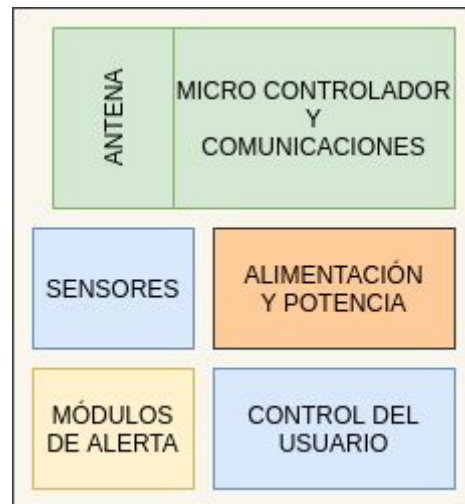
- **Botones:** Esta es la parte en la que el usuario podrá interactuar con el sistema directamente cuando lo necesite, contando con 4 botones:
 - **ON/OFF:** Botón con el que el usuario podrá apagar o encender el sistema de forma manual.
 - **Res-Col-Eme:** Este botón tiene 3 funciones, dependiendo de la situación en la que se encuentre. Puede, Responder una llamada, Colgar una llamada y realizar una llamada de emergencia a un número predeterminado.
 - **Up_Volume:** Como su nombre lo indica, permite aumentar el volumen del parlante.
 - **Down_Volume:** Permite disminuir el volumen del parlante.



4. Diseño del PCB

Para comenzar con el diseño del circuito ya con la ubicación de componentes y evaluando precisamente la existencia de frecuencias que puedan plantear condiciones parásitas intrusivas en la comunicación de datos incluso internamente.

Se propone un diseño estructural por bloques principalmente, para llevar a profundidad una percepción de la agrupación de componentes y las secciones críticas que requieren un desempeño específico.



Después de analizar el comportamiento eléctrico y las necesidades o disposiciones de diseño planteadas, se logró concluir esta estructura que jugará un papel clave en el desempeño del sistema. Se utilizó la misma herramienta, KiCad, asociando a cada uno de los componentes del esquemático una huella. Para iniciar con el ruteo, primero es necesario establecer las siguientes especificaciones para las pistas, ya que una pista para alimentación debe tener características diferentes a una pista con diferente propósito. Para una pista con un propósito diferente a la alimentación se toma en cuenta la regla de “ColCircuitos” y para una pista de alimentación, la regla de “Power”.

Board Setup

Capas

Text & Graphics

Design Rules

Clases de red

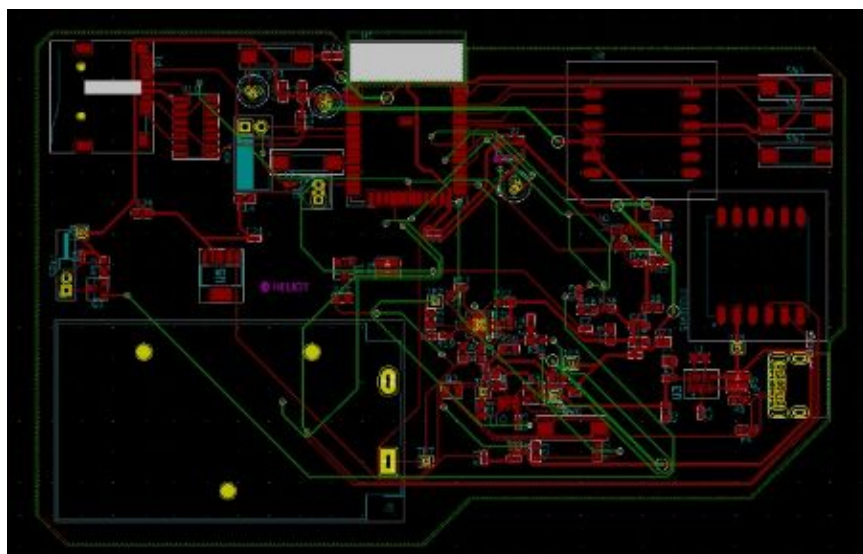
Tracks & Vias

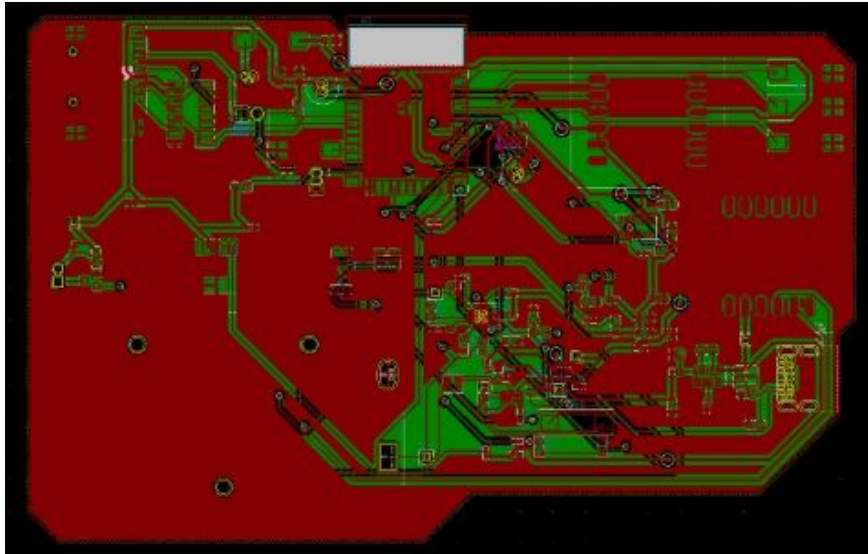
Solder Mask/Paste

Clases de red

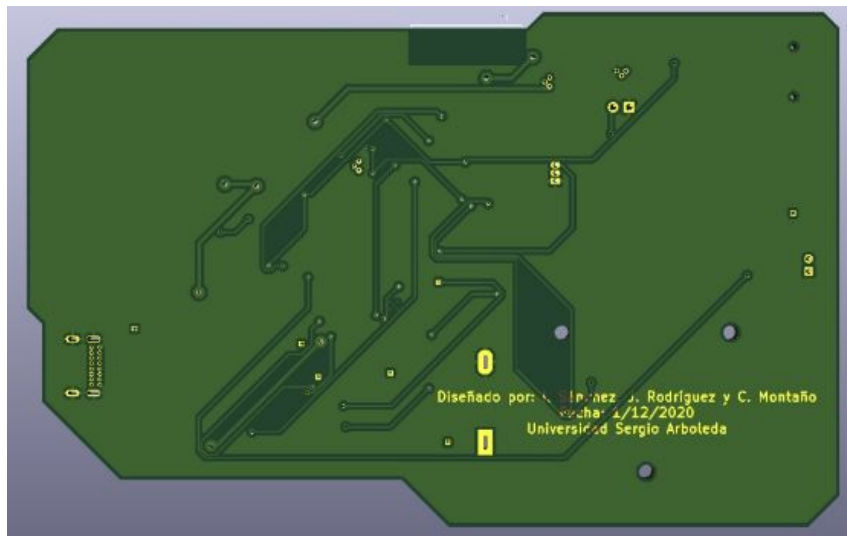
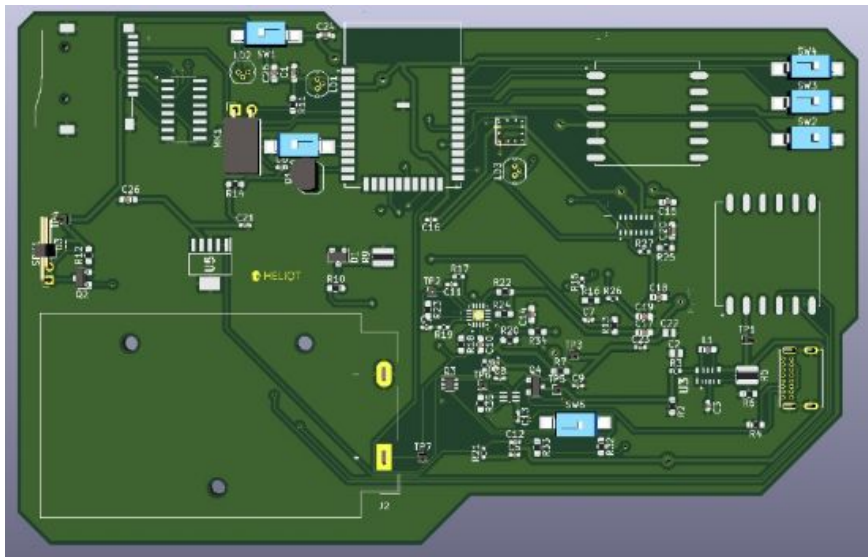
Nombre	Margen	Ancho de pista	Diámetro Vía	Tdro vía	uVia Size	Tdro microvia	dPair Width	dPair Gap
Default	0,2 mm	0,25 mm	0,8 mm	0,4 mm	0,3 mm	0,1 mm	0,2 mm	0,25 mm
ColCircuitos	0,22 mm	0,25 mm	0,9 mm	0,4 mm	0,3 mm	0,1 mm	0,2 mm	0,25 mm
Power	0,4 mm	0,508 mm	1,905 mm	0,7 mm	0,3 mm	0,1 mm	0,2 mm	0,25 mm

Realizando el respectivo ruteo con estas reglas se obtuvo una PCB de forma rectangular, con dimensiones de 8 x 13 mm.





Adicionalmente podemos dar un vistazo a su modelo 3D, en sus vistas superior e inferior:



5. Análisis Financiero:

Luego de tener la lista de todos los componentes implementados en la PCB (BOM list), se procede a analizar el costo de la realización de una de estas PCBs. Teniendo en cuenta que algunos de los componentes se repiten y varían en cuanto a su valor.

- Materiales:

HELIOT						
Costo de los Componentes						
Número	Nombre	Referencia	Cantidad	Valor	Precio/u	PrecioT
1	Capacitor sin polaridad (SMD)	C1,C10,C24,C25	4	100 uF	\$476	\$1.904
2	Capacitor sin polaridad (SMD)	C2,C5	2	22 uF	\$476	\$952
3	Capacitor sin polaridad (SMD)	C4,C18,C20,C22	4	10 uF	\$476	\$1.904
4	Capacitor sin polaridad (SMD)	C8,C9	2	0.47 uF	\$476	\$952
5	Capacitor sin polaridad (SMD)	C3,C11	2	1 uF	\$476	\$952
6	Capacitor sin polaridad (SMD)	C6,C7,C12,C13,C16,C21,C23	7	0.1 uF	\$476	\$3.332
7	Capacitor sin polaridad (SMD)	C14,C15	2	4.7 uF	\$476	\$952
8	Capacitor sin polaridad (SMD)	C17,C19,C26	3	100 nF	\$476	\$1.428
9	Diodo BZX84C	D1	1	---	\$890	\$890
10	Diodo SMD 0201	D3	1	---	\$1.690	\$1.690
11	USB-Tipo C	J1	1	---	\$4.790	\$4.790
12	Bateria LiPo	J2	1	---	\$22.200	\$22.200
13	Bobina 0603	L1	1	1 uH	\$100	\$100
14	Diodo LED	LD1-LD3	3	---	\$100	\$300
15	Micrófono Unidireccional	MK1	1	---	\$810	\$810
16	Lector SD - Interfaz spi	P1	1	---	\$4.200	\$4.200
17	Transistor THT PNP	Q1	1	---	\$1.000	\$1.000
18	TRANSISTOR THT NPN	Q2	1	---	\$1.000	\$1.000
19	TRANSISTOR BJT 3904 PNP	Q3	1	---	\$2.000	\$2.000

20	TRANSISTOR MOSFET PNP	Q4	1	---	\$2.800	\$2.800
21	Resistencia (SMD)	R2,R4,R6,R7,R14,R16,R18,R20,R22,R22,R24,R32,R34	13	100K	\$100	\$1.300
22	Resistencia (SMD)	R5	1	560K	\$70	\$70
23	Resistencia (SMD)	R9	1	680K	\$70	\$70
24	Resistencia (SMD)	R10	1	270K	\$70	\$70
25	Resistencia (SMD)	R12	1	100	\$70	\$70
26	Resistencia (SMD)	R3,R8,R17,R19,R21	5	1.5K	\$70	\$350
27	Resistencia (SMD)	R15,R26,R27	3	1K	\$100	\$300
28	Resistencia (SMD)	R11,R13,R25,R33	4	10K	\$70	\$280
29	Resistencia (SMD)	R35	1	68K	\$100	\$100
30	Parlante	SPK1	1	---	\$10.750	\$10.750
31	Pulsadores	SW1-SW6	6	---	\$300	\$1.800
32	Regleta Header	TP1-TP7	7	---	\$500	\$3.500
33	ESP32-WROOM-32(MCU)	U1	1	---	\$16.073	\$16.073
34	BQ24075RGTR (Controlador de carga)	U2	1	---	\$7.820	\$7.820
35	MP28164GD-P (Regulador Sw)	U3	1	---	\$1.630	\$1.630
36	AP7340-25F54-7 (Regulador LDO)	U4	1	---	\$14.911	\$14.911
37	MCP1793 (Regulador LDO)	U5	1	---	\$1.359	\$1.359
38	MAX30102EFD+T(Sensor)	U6	1	---	\$33.500	\$33.500
39	LIS2DS12TR(Acelerómetro)	U7	1	---	\$5.750	\$5.750
40	L80-M37(Módulo GPS)	U8	1	---	\$24.100	\$24.100
41	BAT54TW-7-F (Canal de Diodos)	U9	1	---	\$1.450	\$1.450
42	CD4050BE (Integrador salida SPI)	U10	1	---	\$1.658	\$1.658
43	SIM800L(Módulo 3GSM)	U11	1	---	\$21.300	\$21.300
44	SDCard	AP-MSD256ISI-1T	1	---	\$48.000	\$48.000
TOTAL						\$250.367

- Realización PCB:

Teniendo este valor se procede a cotizar la realización de la PCB, usando la página web NextPCB, página donde se puede cotizar el costo de fabricación para una PCB o más. Mediante la subida de los archivos gerber y de taladrado.

Obteniendo su costo de envío y de fabricación, sumando esto con el costo de los materiales, daría como resultado que el costo total de realización para una unidad es de:

Costo fabricación de una unidad - Heliot	
Costo componentes	\$250.367
Costo fabricación PCB	\$17.821
Costo envío	\$193.100
TOTAL	\$461.288

Conclusiones:

- Como observamos a lo largo de este proyecto el paradigma de el internet de las cosas cada vez cobra más fuerza, aplicándose este a objetos que eran impensables en el pasado y que hoy por hoy nos hacen más fácil el desarrollo como seres humanos.
- Es de fundamental importancia familiarizarse con las tecnologías IoT, actualmente estas nos rodean en muchos de los dispositivos de uso cotidiano y en el futuro esto crecerá exponencialmente, aplicándose a todo tipo de productos o servicios que nos hagan gozar de una mejor calidad de vida.
- El diseño de este proyecto nos hizo poner en práctica diferentes conocimientos relacionados con nuestra carrera, algo que sin duda nos brinda una gran experiencia para proyectos futuros.
- Al diseñar un producto es fundamental pensar en las necesidades y los requerimientos del cliente, ya que esto es lo que generará que sea atractivo para la persona que lo necesite y desee adquirirlo, es decir, no solo enfocarnos en la parte de diseño sino también tomar en cuenta aspectos económicos y de publicidad.
- “La mejor práctica es una buena teoría”.