

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

Facultad de Ingeniería

CÁTEDRA:

Electrónica II

PROYECTO:

Prototipo de localizador
GPS vía SMS

DOCENTE:

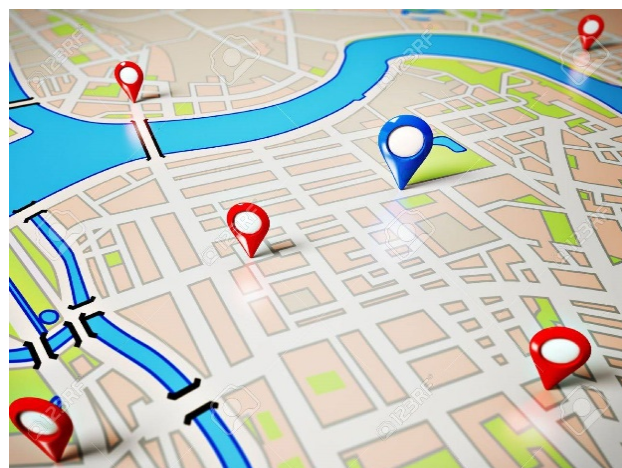
Ing. Gerardo Bravo

ALUMNO:

Gusberti, Emiliano

LU 14.725

AÑO: 2021



Descripción del proyecto

Este proyecto consiste en el diseño, programación y construcción de un prototipo de “localizador”, que utiliza coordenadas GPS para ubicarse en la superficie terrestre, y que puede comunicarse con cualquier teléfono celular mediante otro módulo SIM; y todo manejado mediante un microcontrolador basado en Arduino.

Inicialmente, la idea de este proyecto fue crear un dispositivo que pueda ser transportable y que tenga acceso a satélites para leer coordenadas GPS, para luego almacenarlas y que sea posible acceder a esta información más tarde. Sin embargo, posteriormente se sumó a la base original la idea de que el usuario de este dispositivo pueda comunicarse con el mismo mediante comandos. Así entonces, se optó por agregar un módulo SIM al sistema que, mediante un microcontrolador basado en Arduino, pueda enviar y recibir mensajes SMS a cualquier número que solicite la información satelital obtenible mediante el módulo GPS.

Todo el sistema requiere, lógicamente, energía eléctrica para funcionar. Para esto se optó por usar una batería de litio 18650 Litio-ion, ya que estas baterías disponen de alta carga, son recargables (mediante módulos complementarios) y su tamaño es aceptable para el dispositivo que se busca crear. Además, el rango de voltaje de las mismas no está muy lejos del requerido para trabajar con microcontroladores Arduino (3,6 a 4,2V).

Entonces, considerando las funciones principales que se requieren, el prototipo debería contar con, mínimo, lo siguiente:

- Microcontrolador basado en Arduino. En este proyecto se utilizó un “NodeMCU Amica V3”, por su tamaño reducido.
- Un módulo GPS. En este caso, un “Ublox Neo 6M”, uno de los más comunes.
- Un módulo SIM, que utilice un chip de telefonía celular estándar para conectarse a la red de algún operador, para poder enviar y recibir SMS. En este proyecto, se optó por un “SIM800L”, debido a su bajo precio y su tamaño reducido.
- Una batería de Litio-ion 18650. También requiere un porta pilas adecuado.
- Un módulo cargador de batería vía USB. Aquí se utilizó un “TP4056”, otro módulo confiable, económico y pequeño en tamaño.

Si bien la tensión de trabajo de los 3 componentes electrónicos más importantes (Arduino, GPS y SIM) funcionan según sus respectivas datasheet en el rango de voltaje que manejan las baterías 18650, en la práctica se vio que el módulo SIM se reiniciaba constantemente al querer conectarse a la red, ya que para esto requiere una alta corriente (picos de 2A). Se observaba que la tensión de la batería caía debajo de los 3,4V en esos momentos, por lo que se requería más estabilidad.

Para lograr esto entonces, se introdujeron al circuito dos módulos más:

- Un módulo Step-Up de DC, que eleve la tensión de entrada (desde el cargador de la batería 18650) hasta 12 V. En este caso, un “MT3608”. Se observó que el módulo trabaja muy bien, y según sus especificaciones técnicas puede entregar hasta corrientes de 3A.
- Un módulo Step-Down, que disminuya la tensión de entrada (desde el módulo anterior) hasta 4,2V, que es el voltaje ideal de trabajo para el módulo SIM. En este proyecto se optó por un “LM2596”, y en la práctica también resultó ser muy confiable. Según sus especificaciones técnicas, puede entregar corrientes de hasta 3ª de forma constante.

De esta forma, con estos 7 módulos se puede armar un prototipo de localizador GPS vía SMS.

Componentes electrónicos utilizados

Microcontrolador: NodeMCU Esp8266 V3-Amica (1 unidad)

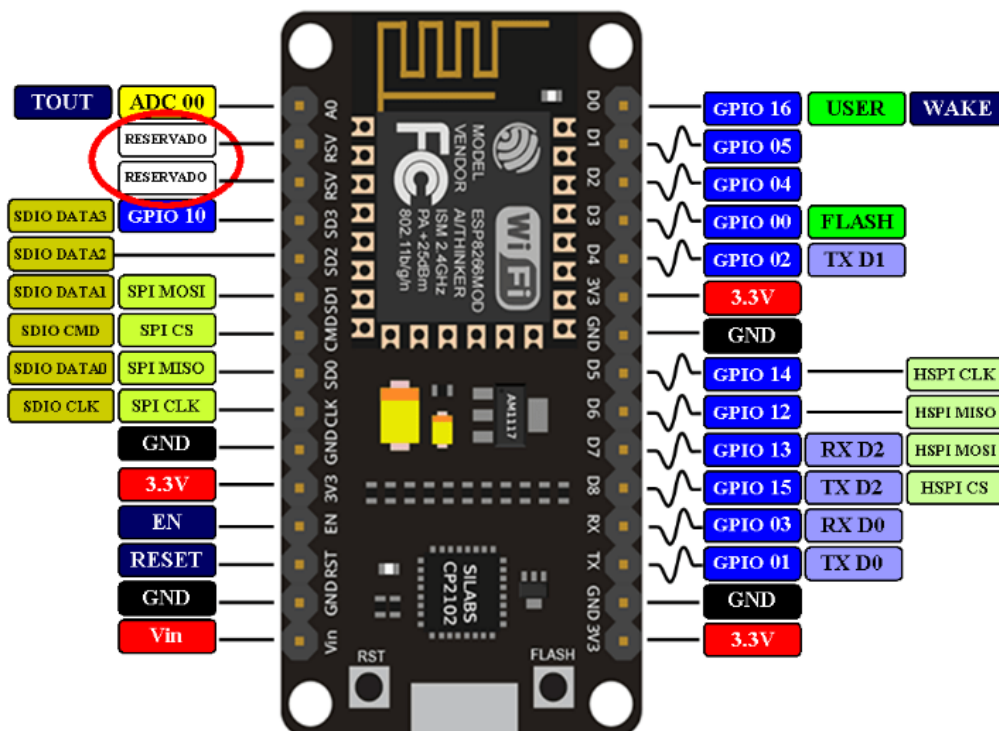
Módulo de desarrollo de Firmware abierto basado en ESP8266EX. Basado en el módulo Wifi ESP8266, integra GPIO, I2C, PWM, 1-Wire y ADC en una sola tarjeta. Además, posee una API avanzada para el control de entradas y salidas, lo que puede reducir drásticamente el trabajo para configurar y manipular hardware.

Características

- Wifi
- ESP8266 (ESP-12F)
- 1 x entrada analógica (1,8 V máx.)
- 9 x GPIO (lógica 3,3 V), I2C o SPI
- 2 x pines UART
- 4MB Flash



AMICA / DOIT (V2)



- Vin** ALIMENTACIÓN EXTERNA (de +5V a +10V).
- 3.3 V** ALIMENTACIÓN INTERNA (desde la placa a dispositivos).
- V USB** ALIMENTACIÓN INTERNA PROVENIENTE DEL MiniUSB (desde la placa a dispositivos +5V).
- GND** TIERRA (GND *Ground*).
- GPIO** PIN DE ENTRADA/SALIDA +3,3 V (GPIO *General Purpose Input/Output*).
 Entrada digital . Entrada analógica . (Todas las salidas son digitales).

Módulo SMS: SIM800L con antena (1 unidad)

Es un módulo GSM/GPRS para modulo celular cuatribanda Simcom SIM800L. Se controla a través de comandos AT (GSM 07.07, 07.05 y SIMCOM mejorado), y puede usarse con Arduino o cualquier microcontrolador.

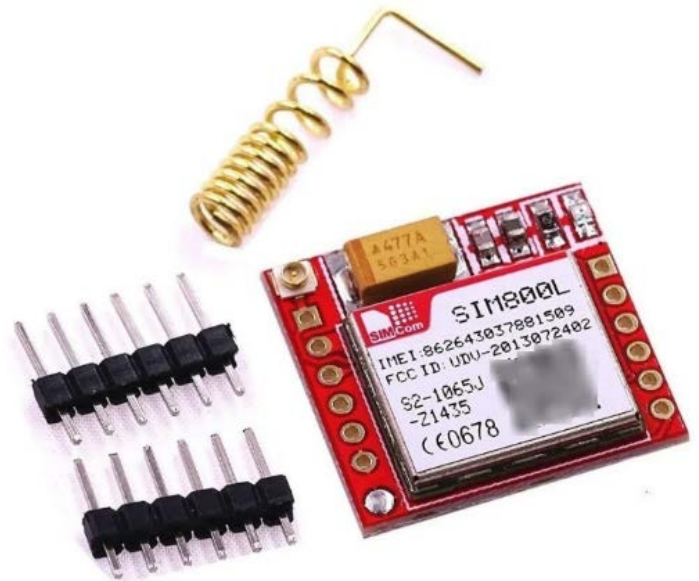
Es un producto de niveles lógicos de 2.8V por lo tanto es necesario adaptar los niveles cuando se usa con placas de 3.3V y 5V. Proporciona conectividad GSM/GPRS al proyecto de una forma muy sencilla.

La placa está basada en el módulo GSM SIM800L de la firma SIMCOM. Este módulo proporciona una completa solución GSM/GPRS cuatribanda 850/900/1800/1900MHz con cobertura mundial, apto para todo tipo de aplicaciones: Monitoreo y control remoto, robótica, vehículos autónomos, seguimiento de objetos o vehículos, etc.

El módulo se configura y controla a través de una conexión serial (UART) y empleando comandos AT.

Características

- Alimentación: 3,4V a 4,4V (4,0V recomendado)
- Lógica 2,8V (Adaptar niveles lógicos cuando se usa con placas/micros de 5V y 3,3V)
- Todos los pines del módulo disponibles en pads de 2,54mm.
- Cuatribanda 850/900/1800/1900MHz.
- GPRS Multi Slot class 8/10.
- Control mediante comandos AT (GSM 07.07, 07.05 y comandos AT SIMCOM).



SIM800L Pinout



Last Minute
ENGINEERS.com

Módulo GPS: Ublox Neo 6M (1 unidad)



Módulo que se encarga de obtener la geolocalización GPS mediante la comunicación con satélites.

Características

- Alimentación: 5V.
- Niveles lógicos RX/TX: 3V3.
- Antena activa incorporada.
- Memoria EEPROM para guardar datos de configuración.
- LED indicador de señal.
- Batería de backup para adquisición rápida.
- Baud rate: 9600.
- Tamaño del módulo: 26mm * 35mm
- Tamaño de la antena: 25mm * 25mm
- Largo del cable 50mm

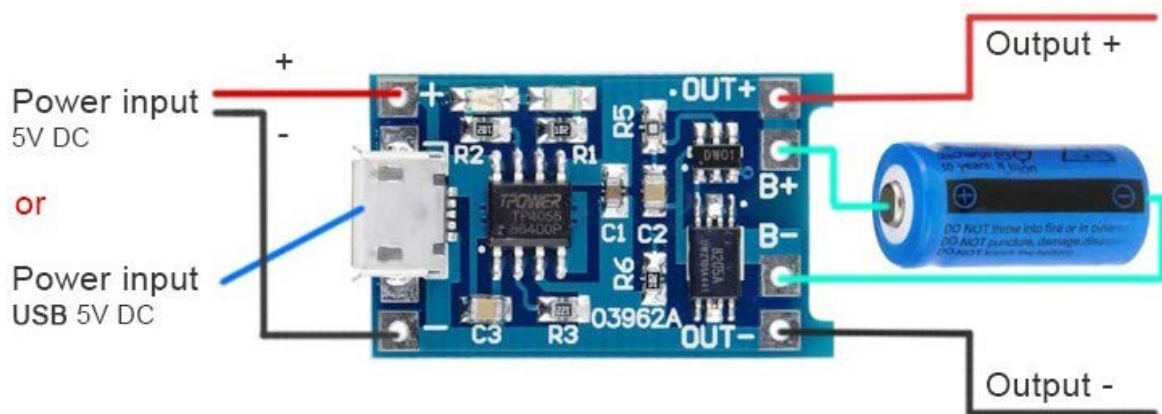
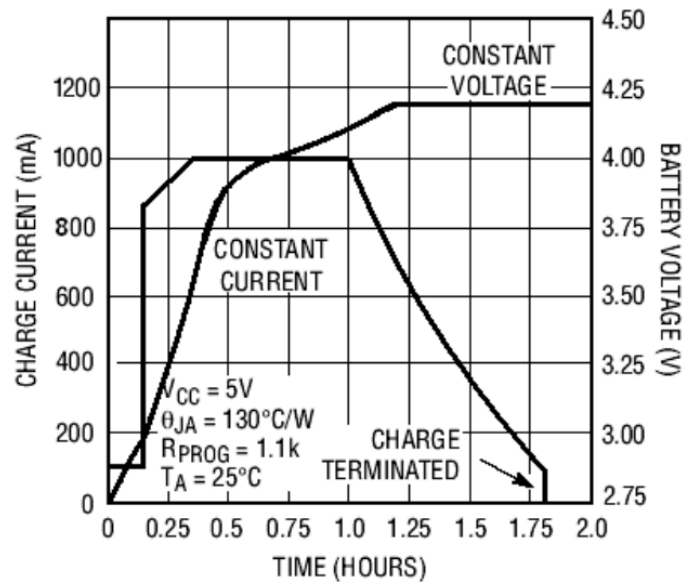
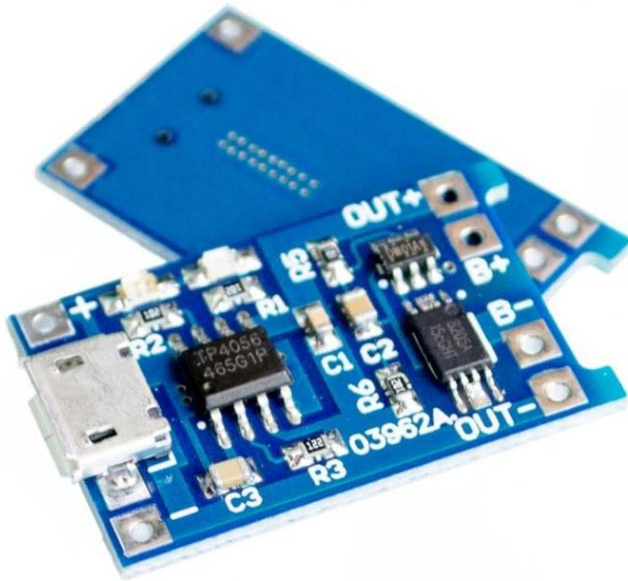
Alimentación: Batería 18650 (1 unidad) + un porta pila para 1 unidad



- Modelo: 18650
- Corriente máxima de descarga: 25A
- Potencia: 2800 mAh 3,65V
- Recargable: Sí
- Celdas: Li-ion

- Largo: 6,5 cm
- Diámetro: 18 mm
- Peso: 35 g
- Tipo de pilas/baterías: 18650, Li-Ion, Recargable

Módulo para recarga de batería: Cargador TP4056 (1 unidad)



Modulo cargador de baterías de Litio (Li-ion) miniatura. Usa el chip cargador TP4056 configurado en una corriente de carga de 1A. La entrada es por medio de un conector micro USB. Además, esta placa cuenta con un circuito de protección de batería contra sobre descarga y cortocircuito. El procesador controla la corriente que ingresa a la batería según la carga actual de la misma. En la imagen se puede apreciar el diagrama de carga que utiliza.

Características

- Chip: TP4056
- Método de carga: Lineal
- Corriente de carga: 1A
- Precisión de carga: 1,5%
- Tensión de entrada: 4,5V-5,5V
- Tensión de plena carga: 4,2V
- Indicador de carga: Rojo: cargando – Azul: carga completa
- Interface de entrada: micro USB
- Protección: Descarga profunda y cortocircuito
- Dimensiones: 26 * 17 * 4mm

Regulación de tensión: Módulo Step-Up MT3608 (1 unidad)



Es una fuente basada en el regulador Step-Up DC-DC MT3608. Eleva la tensión de su entrada hasta 28V de salida (ajustable). Posee un preset multivuelta de alta precisión y es capaz de alimentar una carga de 2A con una alta eficiencia (hasta 93%). Cabe destacar que el negativo (GND) no es flotante, sino que es común entre la entrada y la salida.

Características

- Tensión de entrada: 2V a 24V (DC)
- Salida de tensión: Hasta 28V (DC), ajustable.
- Corriente máxima de salida: 2A

Regulación de tensión: Módulo Step-Down LM2596 (1 unidad)



Es una fuente basada en el regulador step-down DC-DC LM2596. Posee un preset multivuelta de alta precisión y es capaz de alimentar una carga de hasta 3A con una alta eficiencia. Cabe destacar que el negativo (Ground) no es flotante, sino que es común entre la entrada y la salida.

Características

- Tensión de entrada: 3 a 40V (DC)
- Salida de tensión: 1,25V a 35V (DC) ajustable
- Corriente máxima de salida: 3A
- Dimensiones: 43mm * 20mm

Otros

Llave palanca On-Off (3 unidades)



Capacitores electrolíticos 1000uF/16V o más (3 unidades)

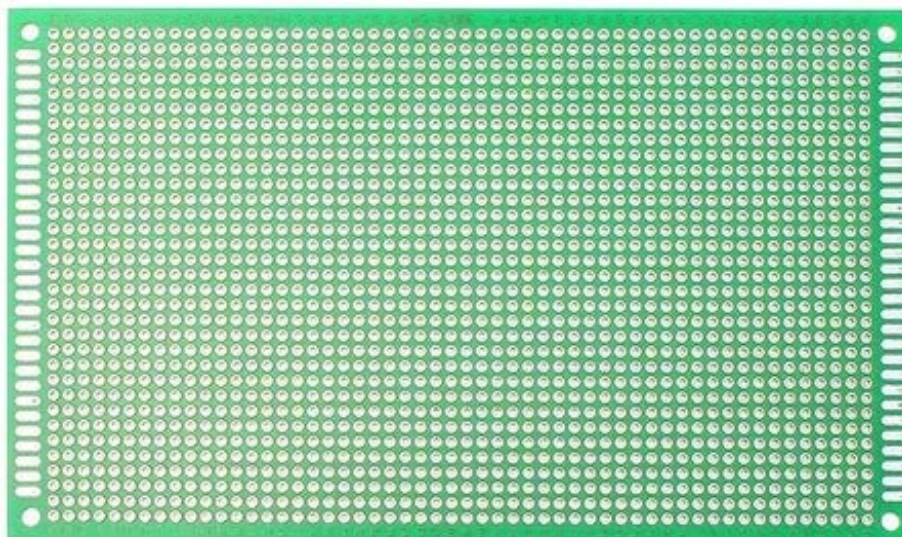


Cables Dupont de 10cm o más (varios)

Pueden tener cualquier tipo de punta, ya que de igual manera se les cortan las mismas al colocarlos en la plaqueta.

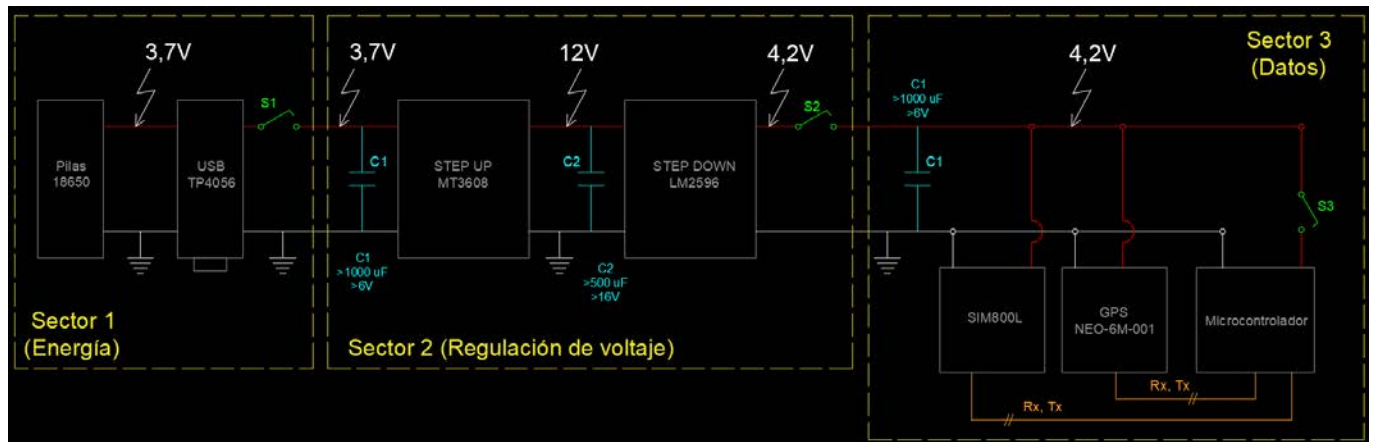


Plaqueta experimental 9x15cm Epoxi, simple faz (1 unidad)

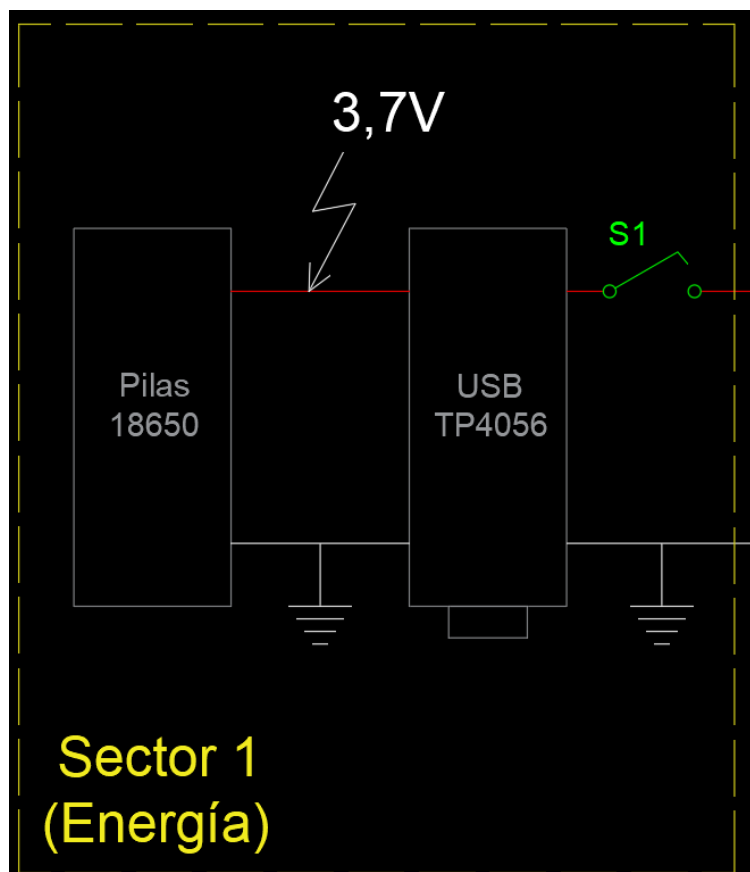


Esquema de sectores

Para encarar mejor las distintas funcionalidades, y la distribución de los componentes electrónicos sobre la plaqueta, para el proyecto se decidió separar todo el sistema en tres sectores:

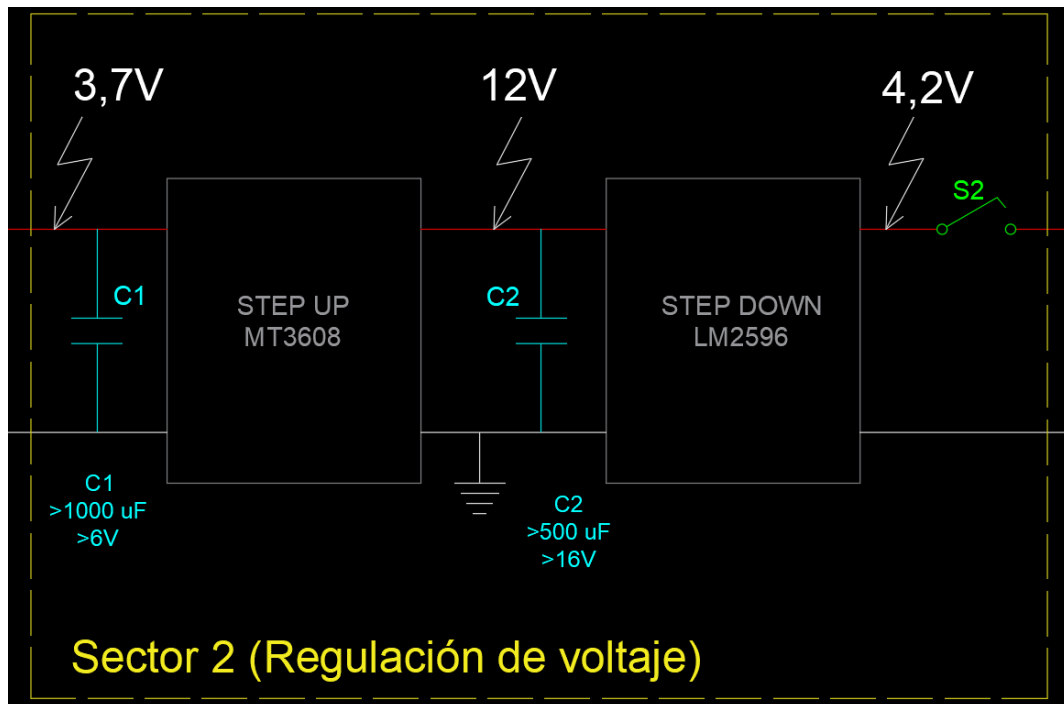


Sector 1: alimentación de energía



Aquí se encuentra la batería 18650, el módulo de carga de batería, y una de las llaves palanca. El rol que cumple esta última es el de permitir o evitar que fluya corriente hacia el circuito aguas abajo. Con esto, al momento de cargar la batería podemos garantizar que únicamente haya corriente hacia la misma, y no hacia el resto del circuito. Esto es opcional, pues se ha verificado que el cargador de batería puede, al mismo tiempo, cargar la misma y alimentar el circuito con la energía que proviene de la fuente conectada al slot micro USB.

Sector 2: regulación de voltaje



En este sector se ubican los módulos reguladores de voltaje, MT3608 (step-up) y LM2596 (step-down).

A pesar de que en el datasheet del módulo SIM800L se detalla que el mismo puede trabajar correctamente en un rango de voltajes de entre 3,6V y 4,2V, durante el desarrollo de este proyecto se obtuvo la experiencia de que dicho módulo necesita realmente entre 4,0V y 4,2V para trabajar correctamente. A su vez, el NodeMCU y el módulo NEO6M trabajan sin inconvenientes con ese nivel de voltaje.

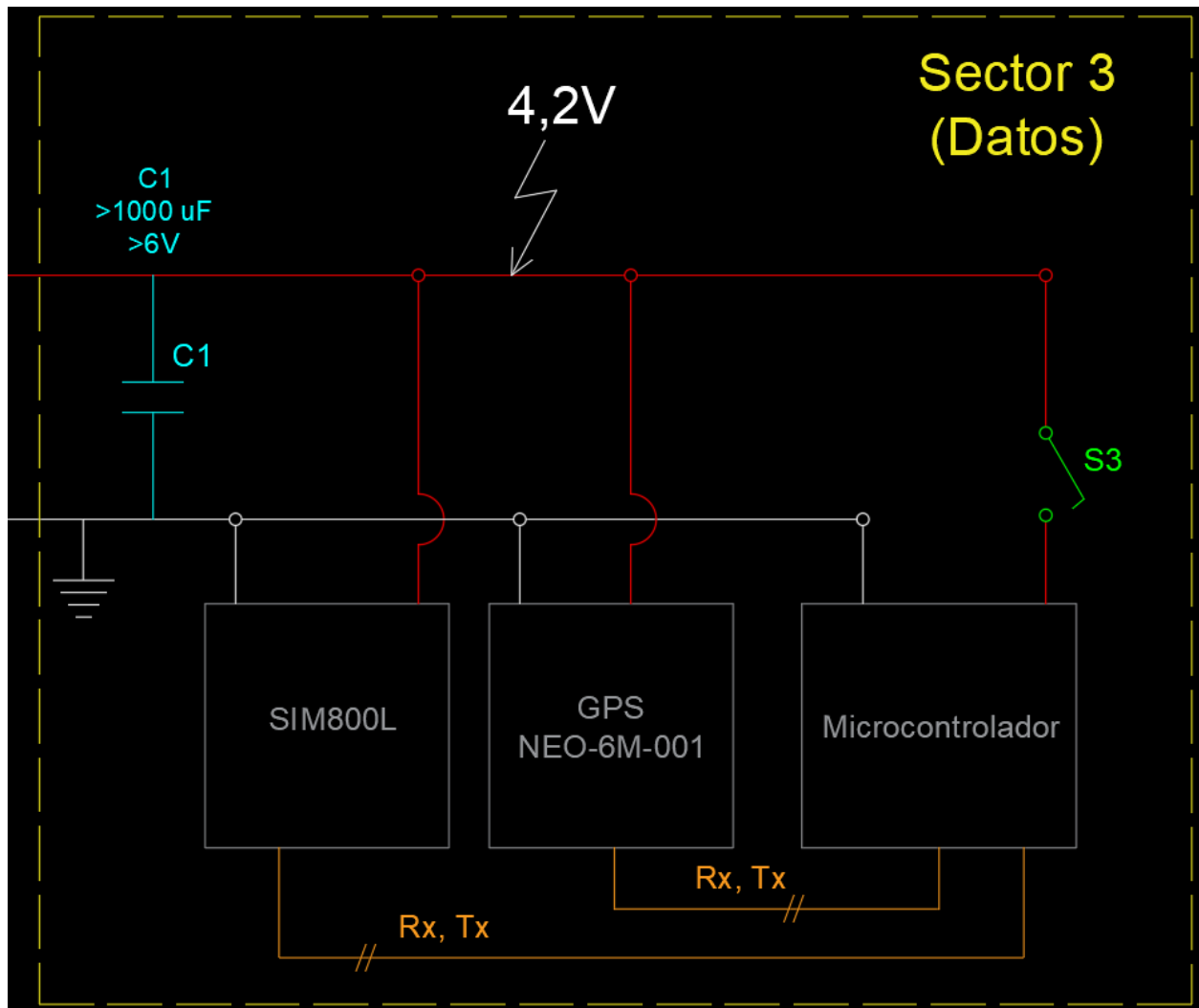
Debajo de ese rango, el módulo SIM800L se reinicia constantemente y/o pierde la conexión con la red GPRS, impidiendo enviar y recibir SMS. A su vez, mientras está en proceso de conexión con la red, envía información al microcontrolador, por lo que existe la posibilidad de bloquear comandos enviados al SIM800L desde el microcontrolador.

Por todo esto, se necesita en el circuito un sistema de control y regulación de voltaje, debido a que las baterías 18650 tienen una tensión de trabajo promedio de 3,7V. Colocando un módulo Step-Up MT3608 se eleva la tensión proveniente del módulo de carga de batería hasta un valor fijado según el preset del mismo, cuyo valor es de 12V para este proyecto. Para mitigar los cambios de tensión a la entrada del mismo, se colocó un capacitor de 1000uF. Luego, se coloca un módulo step-down LM2596 que baja la tensión a 4,2V. Entre ambos módulos se colocó un capacitor electrolítico de 500uF, teniendo en cuenta que la tensión máxima que soporta el mismo debe ser mayor a la elegida en la salida del módulo step-up.

Este sistema de acople de módulos step-up y step-down, en la práctica, funciona muy eficientemente. Antes de armar todo sobre la placa experimental, se esperaba que la tensión del conjunto variase junto con la tensión de la batería; pero en la práctica la tensión de salida en ambos módulos fue siempre constante, incluso cuando en la batería bajaba la tensión entregada al primer módulo (luego de haber usado el sistema durante algunas horas). Luego de que disminuyera aproximadamente debajo de 3,5V, el módulo cargador de batería cortaba el suministro al circuito, y se evitaba la descarga profunda de la batería, e incluso en momentos anteriores a esto se verificó que a la salida del módulo step-down aún habían 4,2V.

Por último, se agrega otra llave palanca que, normalmente, está siempre en la posición de ON. Cuando se desea calibrar los módulos reguladores de voltaje, se la coloca en OFF para que las variaciones no afecten al resto del circuito y sus componentes.

Sector 3: datos y control



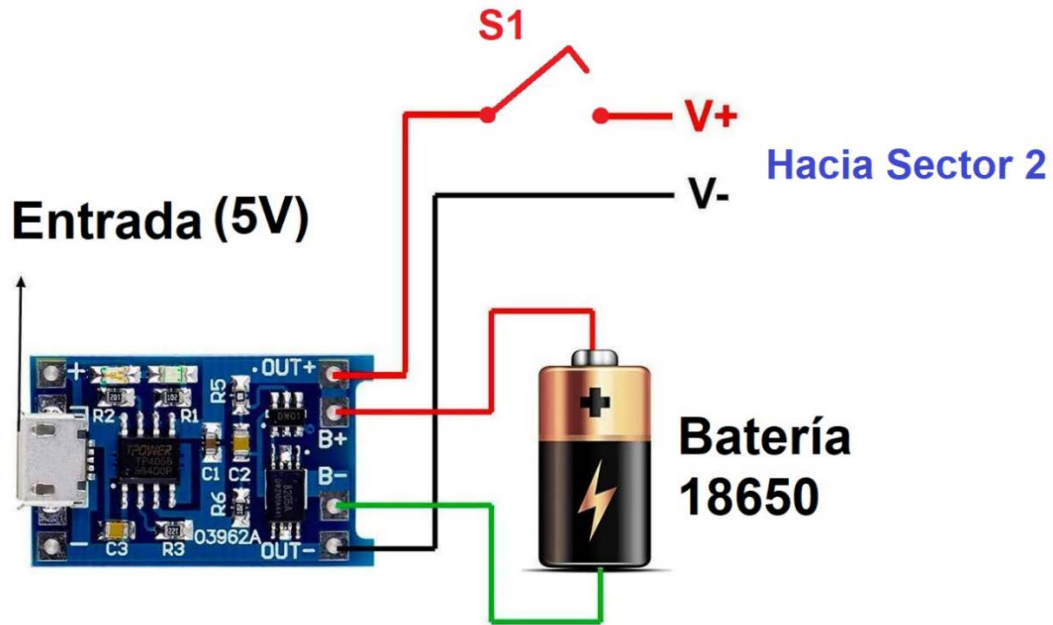
En el último sector se ubican el microcontrolador y los módulos SIM800L y NEO-6M, junto a otros elementos.

Antes del microcontrolador se coloca una tercera llave palanca, que se posicionará en ON cuando el sistema esté trabajando desconectado de una PC. Cuando el microcontrolador esté conectado a una PC vía USB, la llave necesariamente deberá estar en OFF, ya que en el NodeMCU V3 Amica no existe protección de feedback desde el slot USB. Es decir, conectar un cable micro USB al mismo tiempo que una fuente al pin "Vin", puede quemar el slot USB u otro subcomponente del microcontrolador. Para evitar esto, se coloca la llave palanca, que interrumpe la alimentación desde la batería cuando se quiere conectar el microcontrolador a la PC, y que debe ser accionada y controlada por el usuario antes de conectar el mismo.

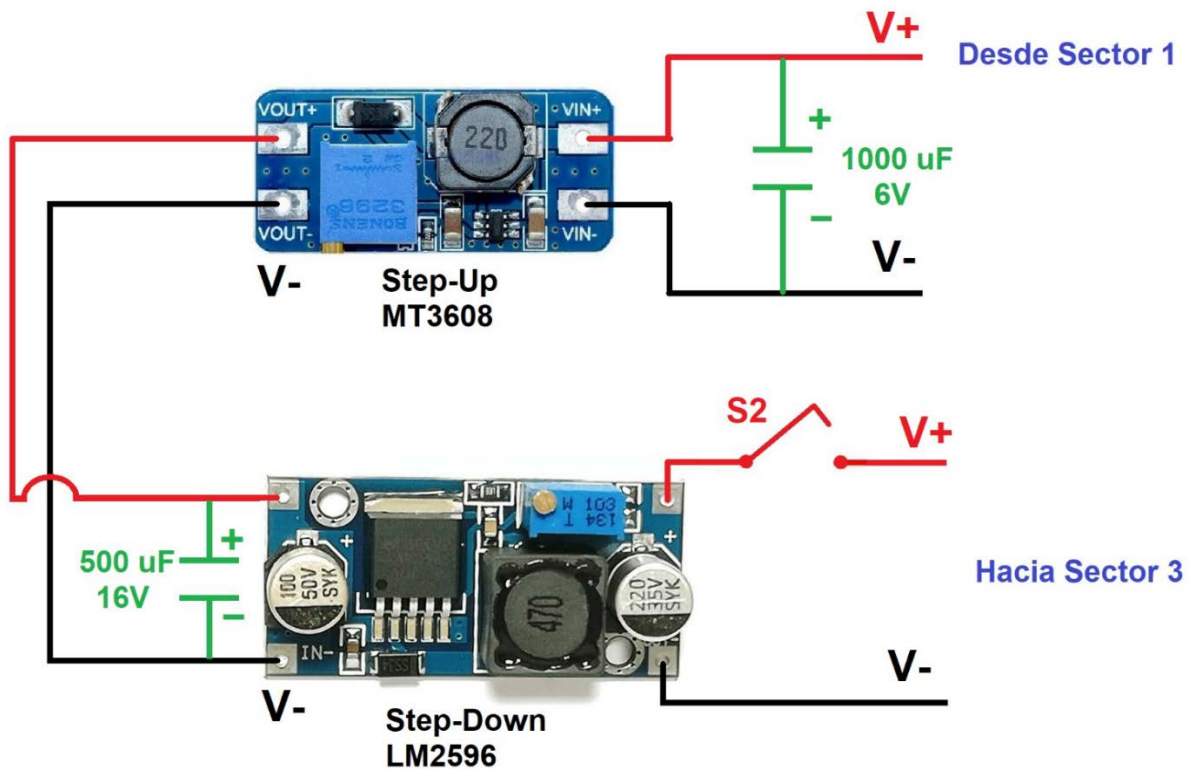
Se conectan luego los pines Tx y Rx correspondientes de los módulos GPS y SIM, con los pines elegidos en el NodeMCU. Para mantener estable la tensión de llegada desde el módulo step-down, se coloca un capacitor electrolítico de $1000\mu\text{F}/6\text{V}$ (o más).

Esquema de conexiones

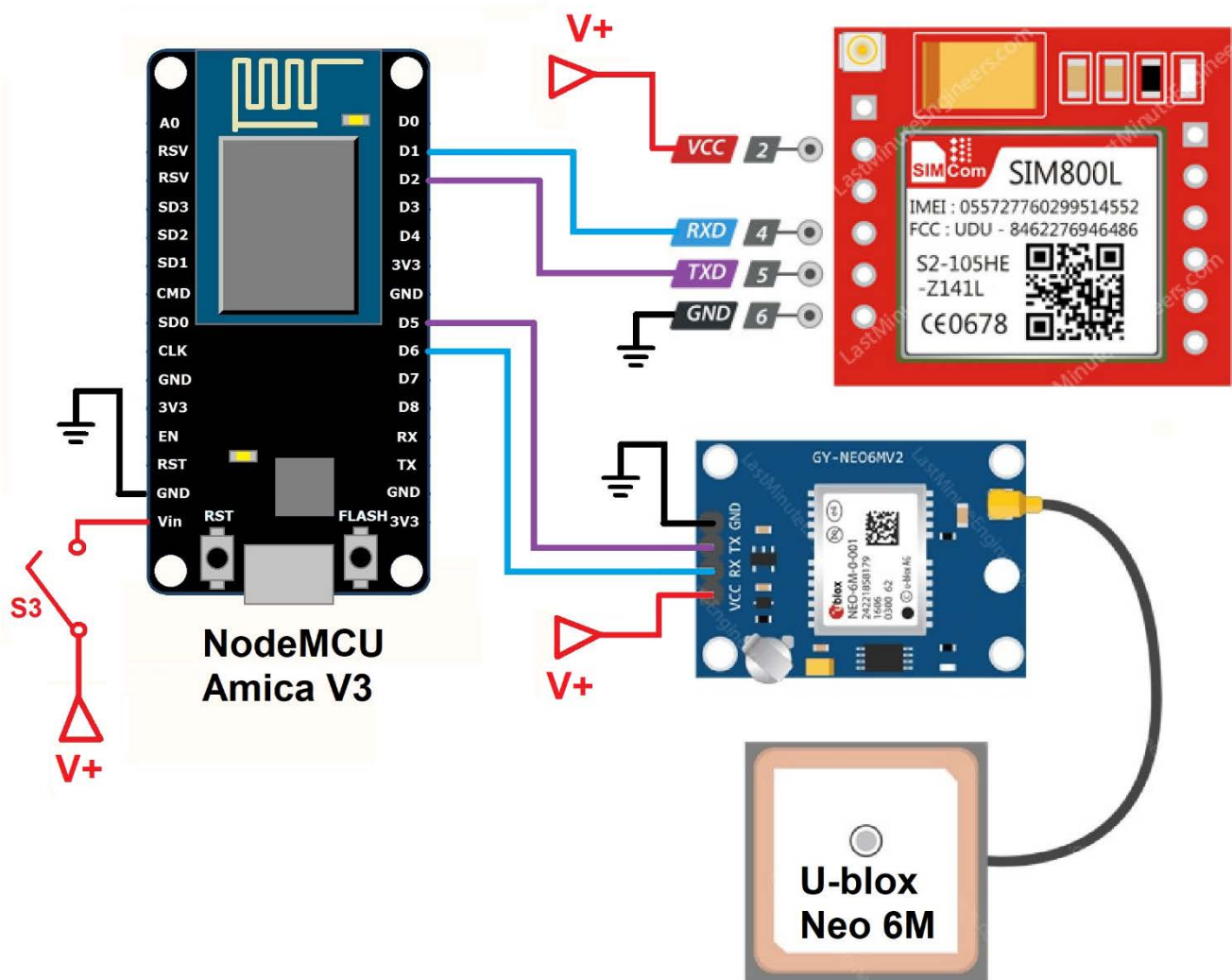
Sector 1: alimentación de energía



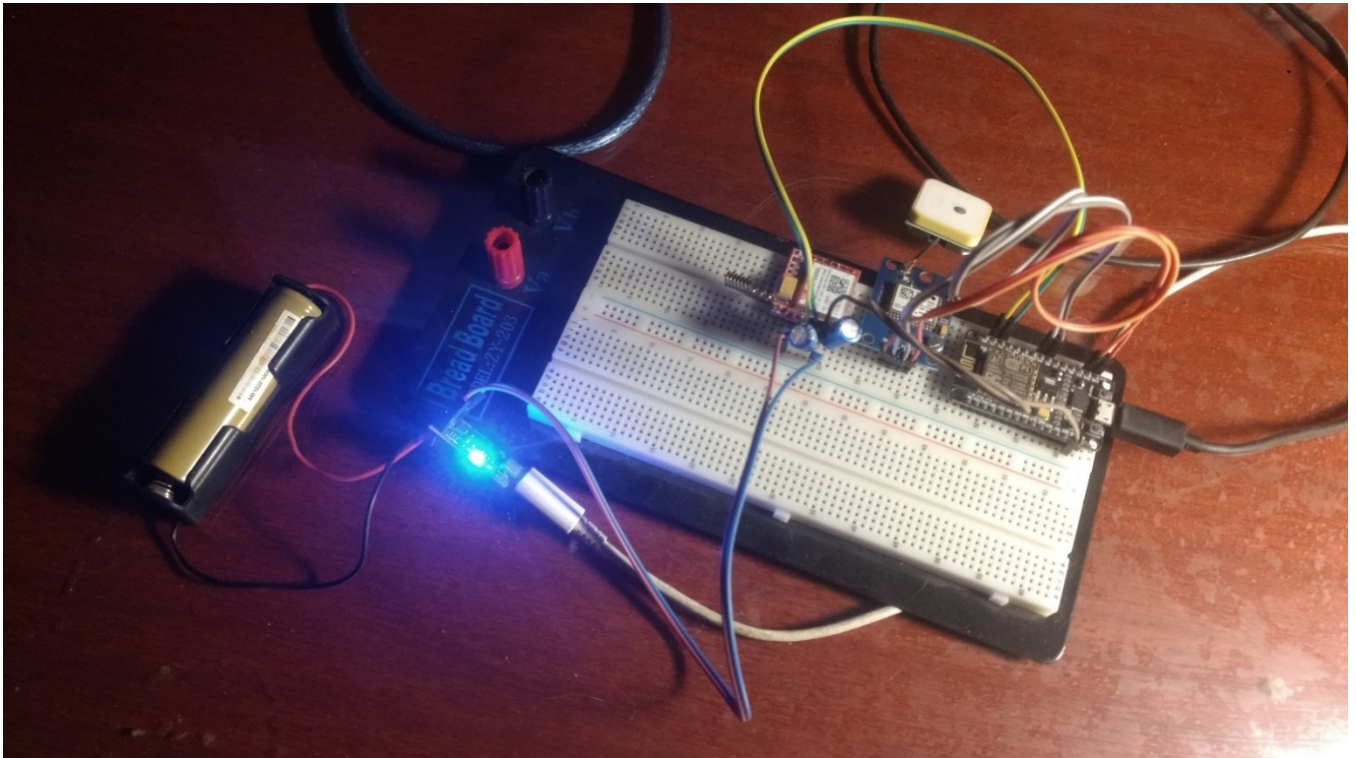
Sector 2: regulación de voltaje



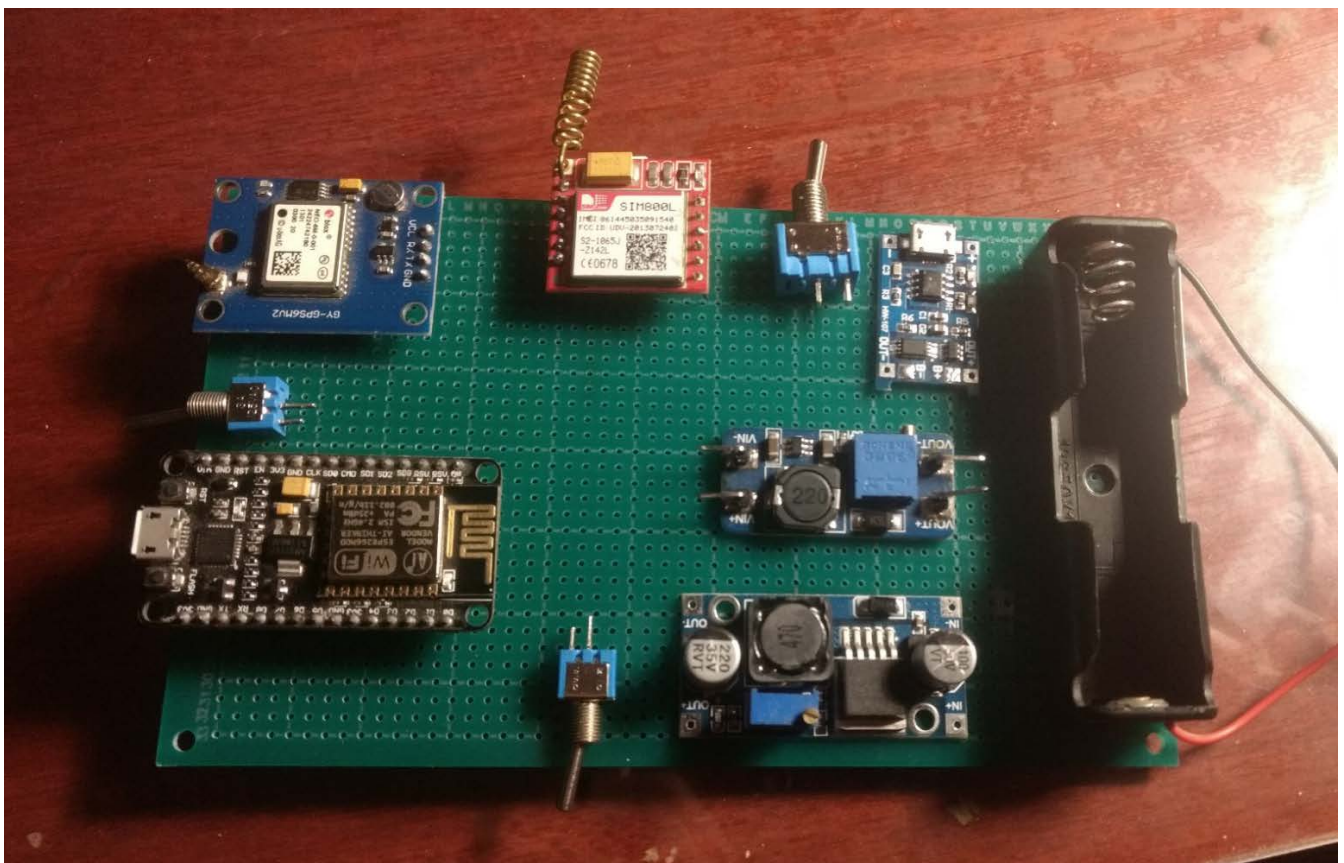
Sector 3: datos y control



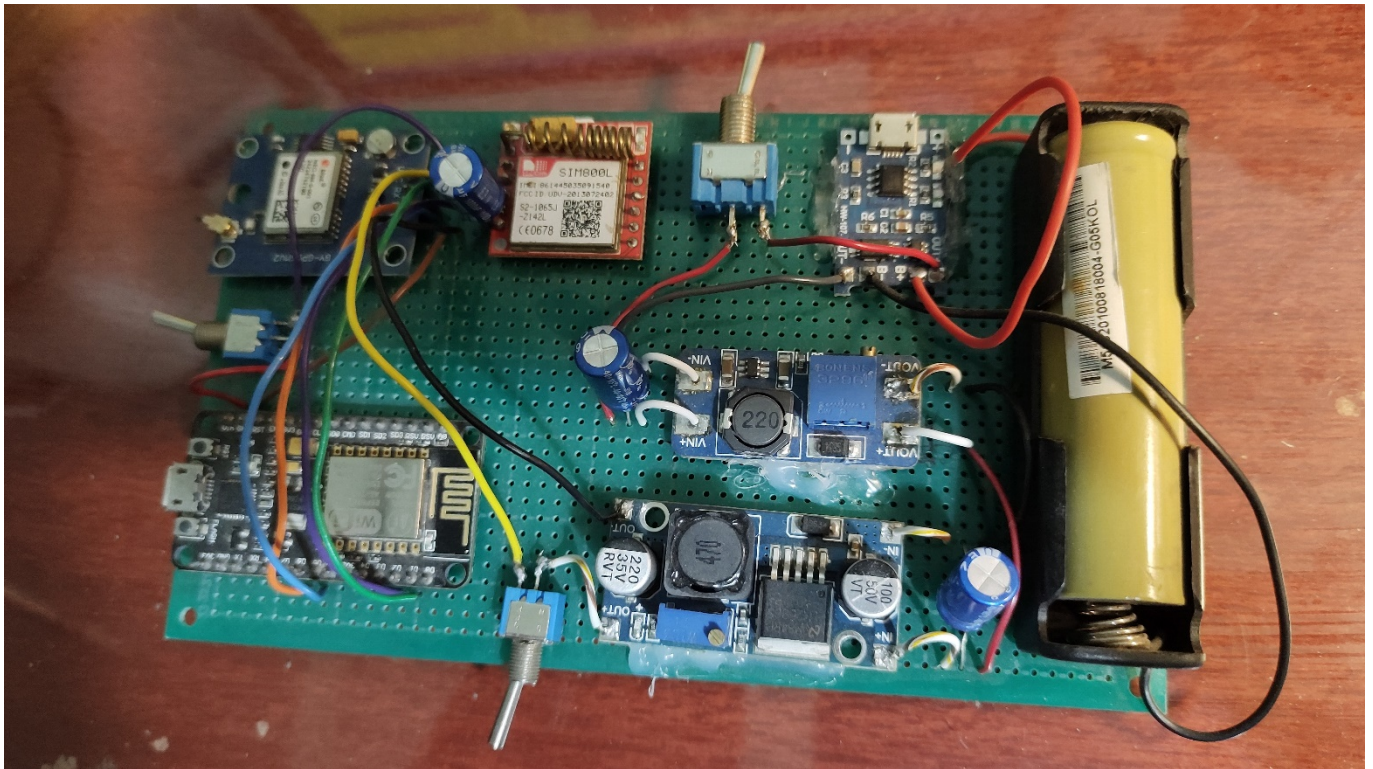
Fotografías del prototipo construido



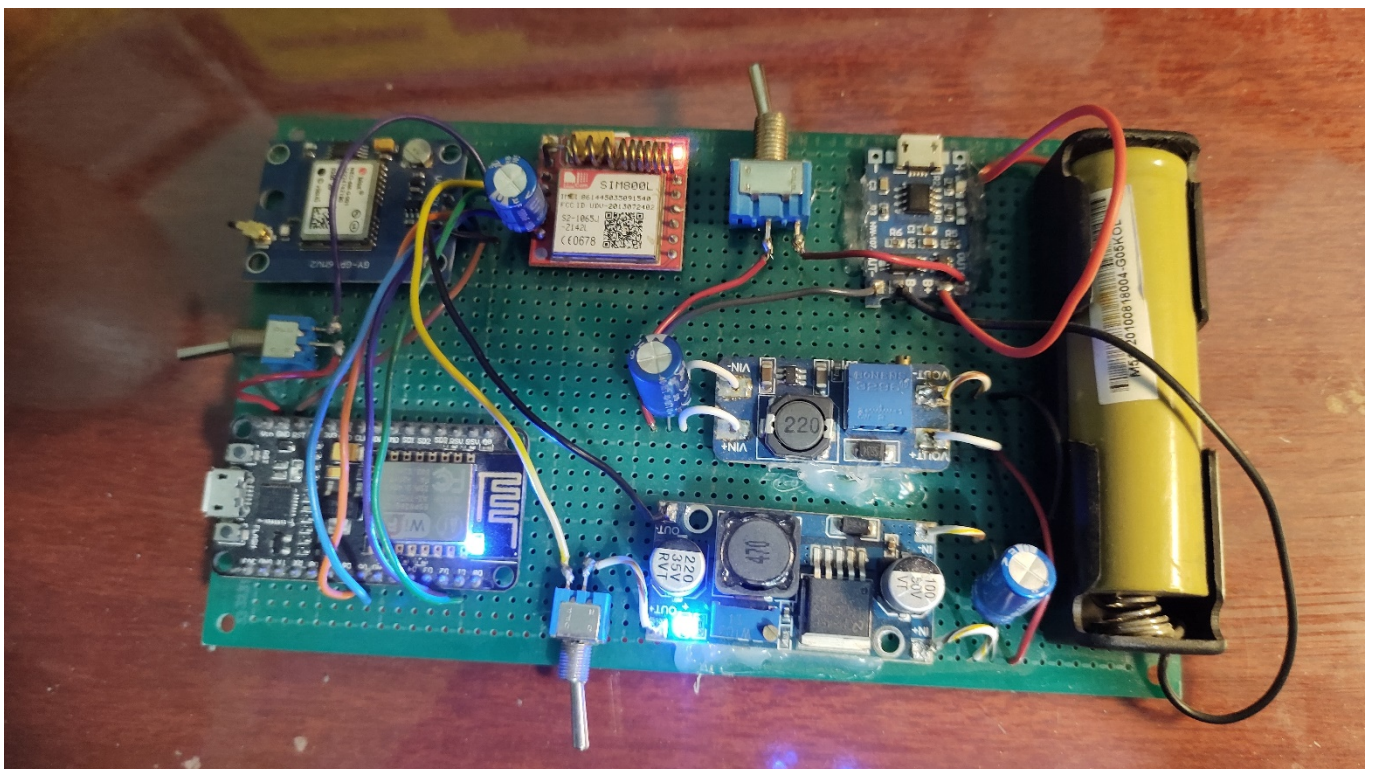
Probando el código y el módulo de carga de la batería.



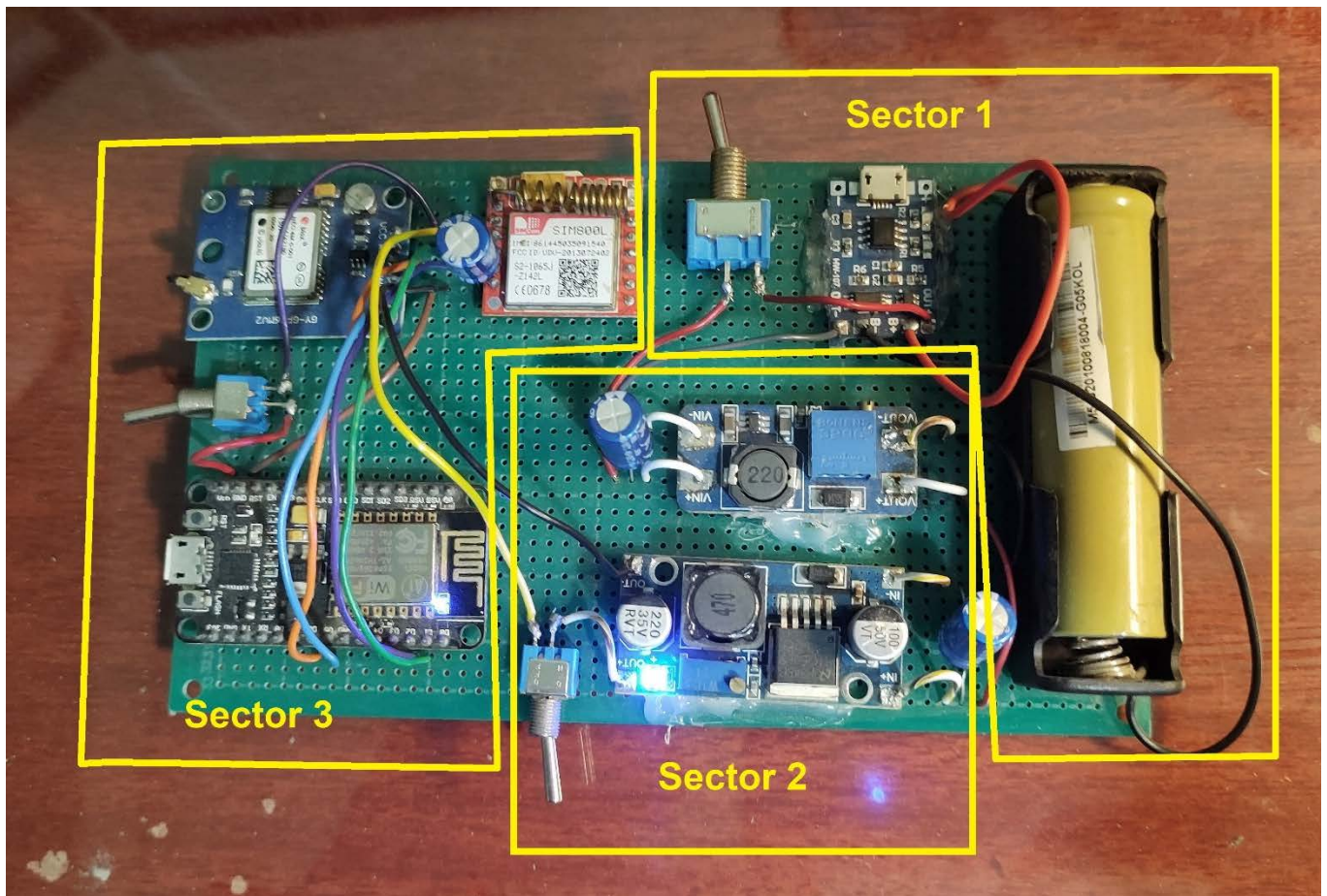
Organizando la disposición de los elementos sobre la placa experimental.



Prototipo ensamblado y cableado. Interruptores abiertos.



Prototipo ensamblado y cableado. Interruptores cerrados.



Detalle de los sectores.

Código de programación

El código de programación óptimo que se pudo desarrollar para este proyecto tiene 831 líneas, por lo que pegarlo en este documento sería poco viable. A continuación, se deja el link público de GitHub de mi repositorio personal, donde se puede encontrar el código comentado actualizado en todo momento:

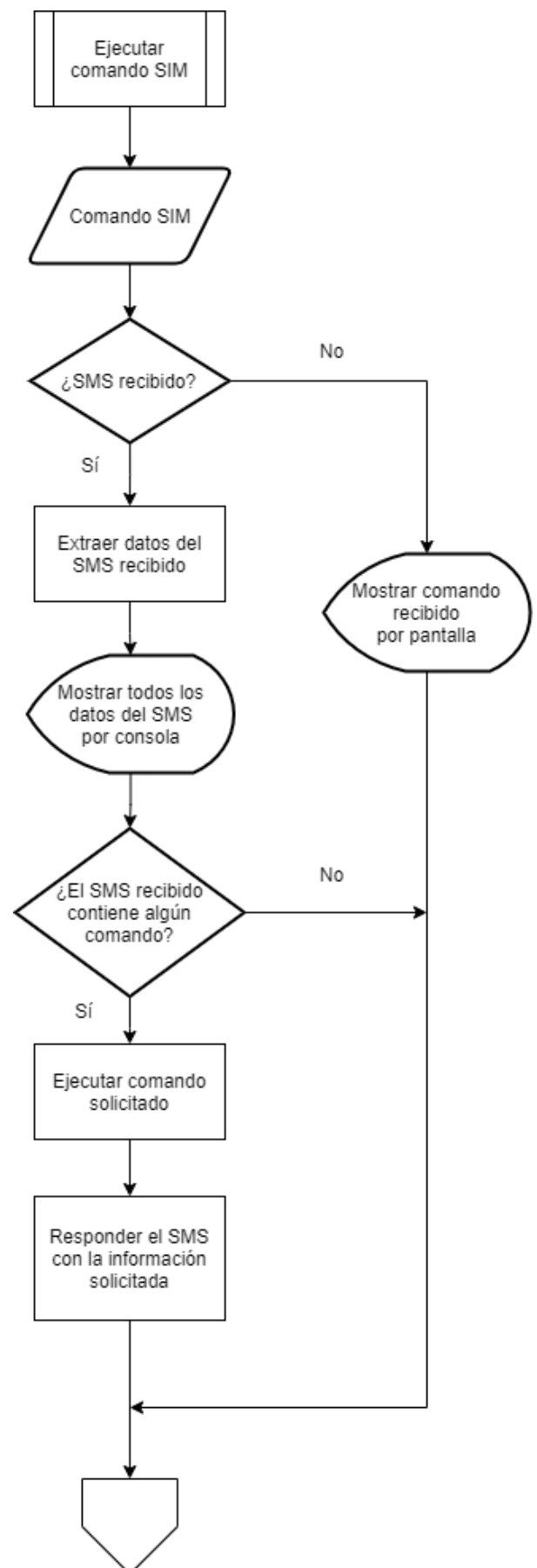
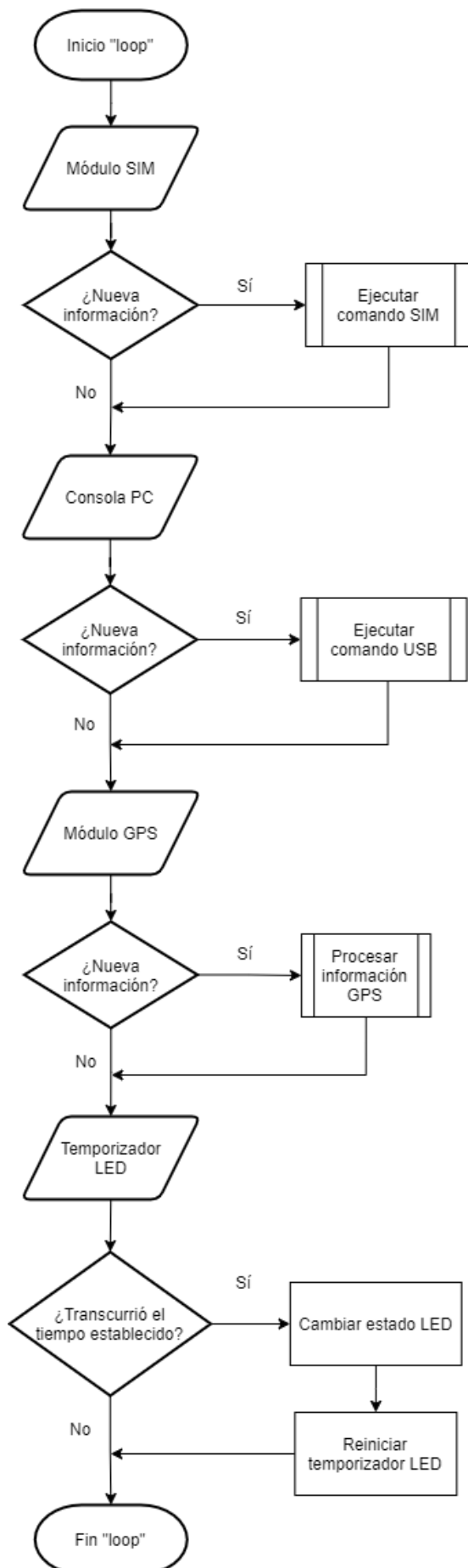
<https://git.io/JcnJO>

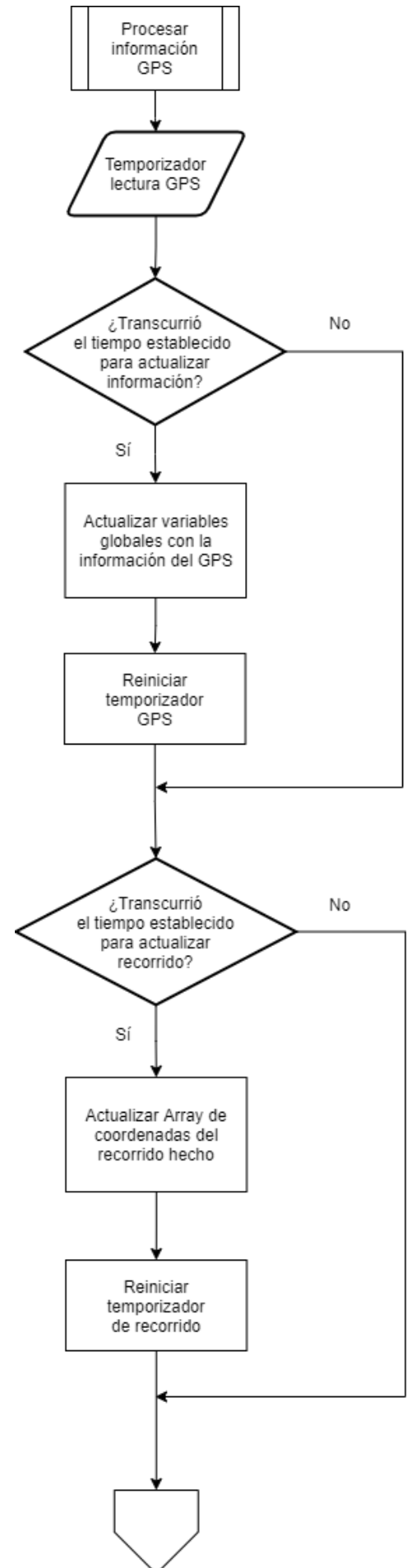
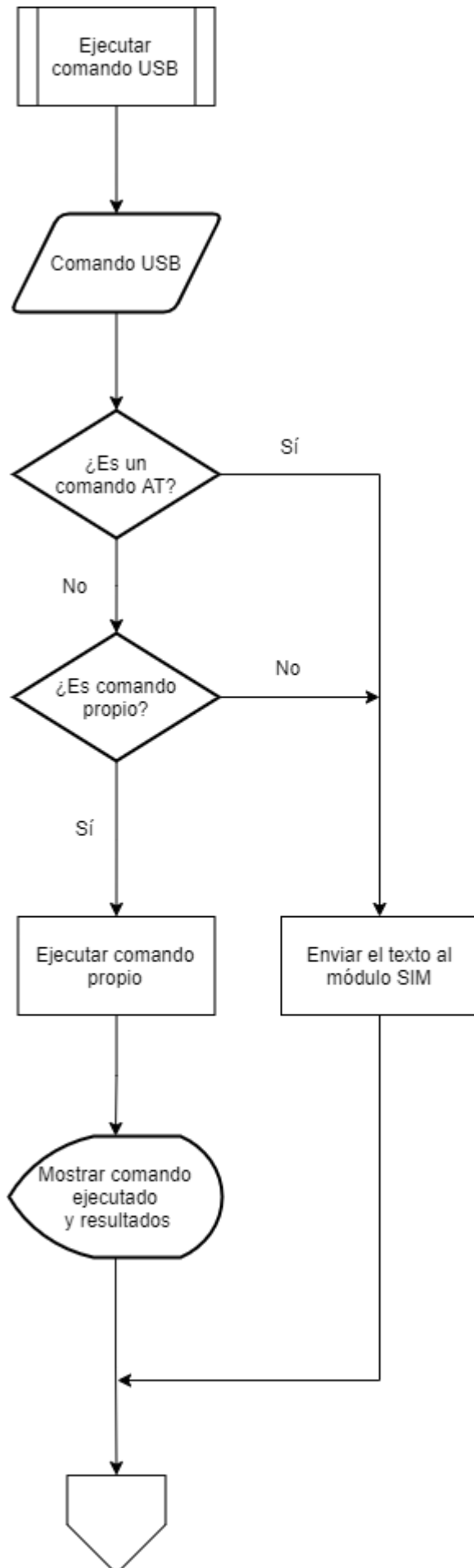
Al desarrollar dicho código, se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Crear funciones personalizadas para optimizar el código, para permitir la depuración y legibilidad del mismo, y a su vez intentar disminuir los errores de escritura.
- Utilizar variables globales para almacenar algunos comandos propios, y otras para almacenar la información del GPS (para que pueda ser accedida desde cualquier función).
- En **ninguna** instancia utilizar la función “delay” para bloquear el microcontrolador durante cierto tiempo.
- Considerar que el usuario se pueda comunicar con el Arduino mediante SMS y mediante consola, y crear funciones y comandos para ambas situaciones.
- Que algunas funciones particulares como “Hacer Setup del módulo SIM” o “Enviar un SMS” modifiquen el comportamiento del LED propio del Arduino, para que el usuario perciba a simple vista que se está ejecutando una de estas funciones.

El diagrama de flujos que sigue el mismo, se detalla en el título siguiente.

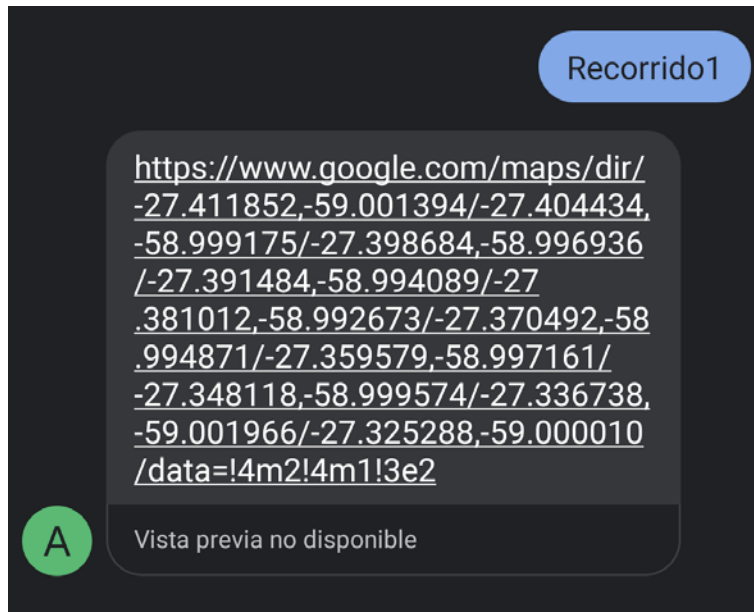
Diagramas de flujo (lógica programada)



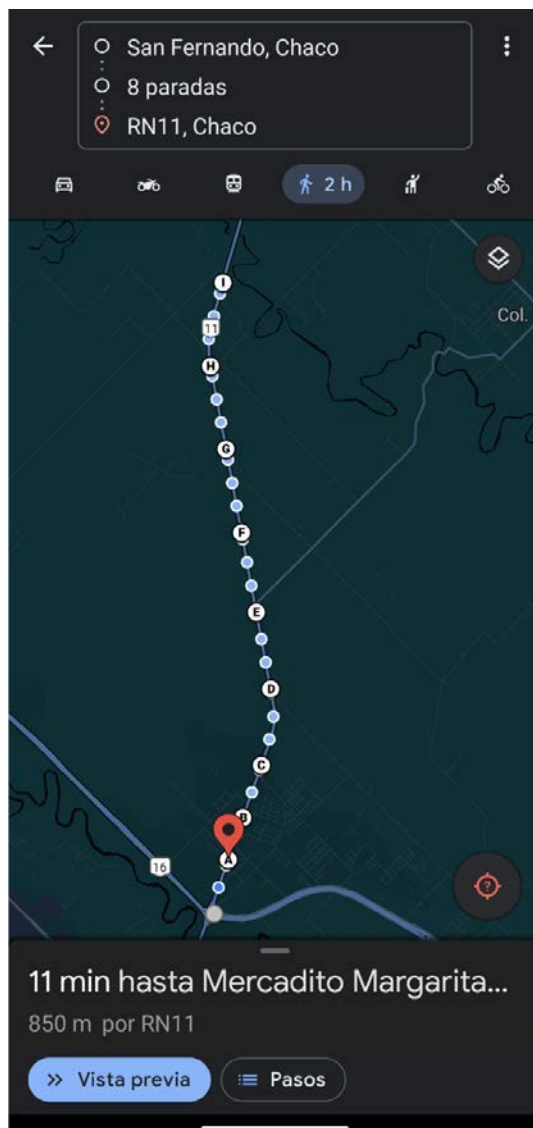


Puesta en funcionamiento

Comandos enviados por SMS y respondidos por el NodeMCU a través del módulo SIM800L:

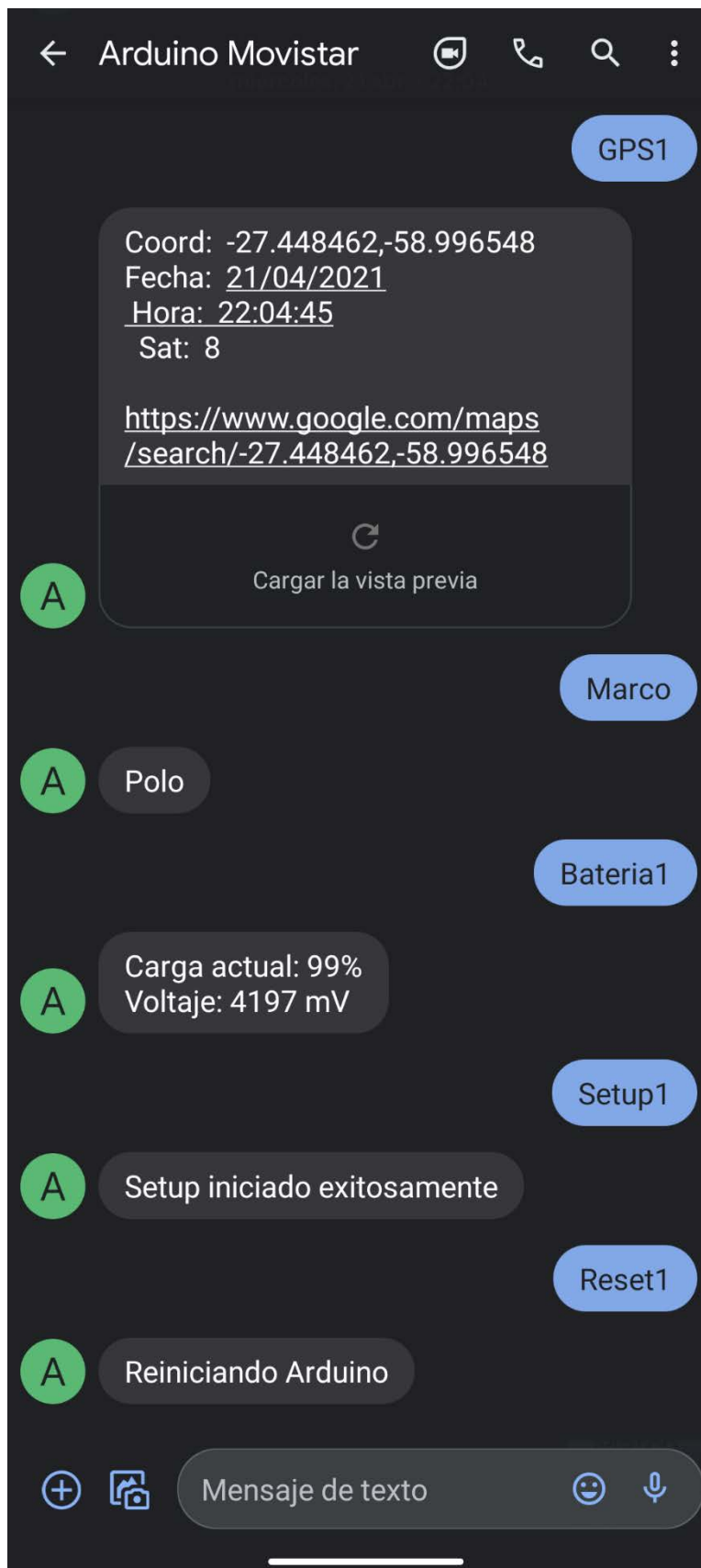


“Recorrido1” es el comando propio que solicita el link de Google Maps con el recorrido hecho por el rastreador en los últimos minutos.



Resultado del link de Google Maps: un conjunto de puntos que forman el recorrido hecho.

Esta imagen muestra el resultado del uso del prototipo cuando se lo llevó en un auto por la ruta 11 para verificar que guarde correctamente las coordenadas cada 1 minuto. En este caso, se configuró el código para que guarde 10 coordenadas en todo momento.



Otros comandos:

- “GPS1” solicita la ubicación actual del rastreador.
- “Marco” es un comando de prueba, que responde “Polo.” Sirve para probar si el NodeMCU recibe los SMS y puede responderlos.
- “Bateria1” consulta el estado de la batería. Este dato lo mide el módulo SIM800L desde un algoritmo propio por defecto. Mide el voltaje que llega al módulo SIM.
- “Reset1” provoca un reinicio del watchdog en NodeMCU. El SMS de respuesta se envía antes de hacer el reinicio.

```
Iniciando...

Iniciando setup del módulo SIM...
***      AT
(*)      OK

***      AT+CFUN=1
(*)      OK

***      AT+CSQ
***      +CSQ: 14,0
(*)      OK

***      AT+CREG?
***      +CREG: 0,1
(*)      OK

***      AT+COPS?
***      +COPS: 0,0,"UNIFON"
(*)      OK

***      AT+CMGF=1
(*)      OK

***      AT+CNMI=2,1,0,0,0
(*)      OK

***      AT+CMEE=2
(*)      OK

Setup del módulo SIM finalizado.

Entrando en Loop...
```

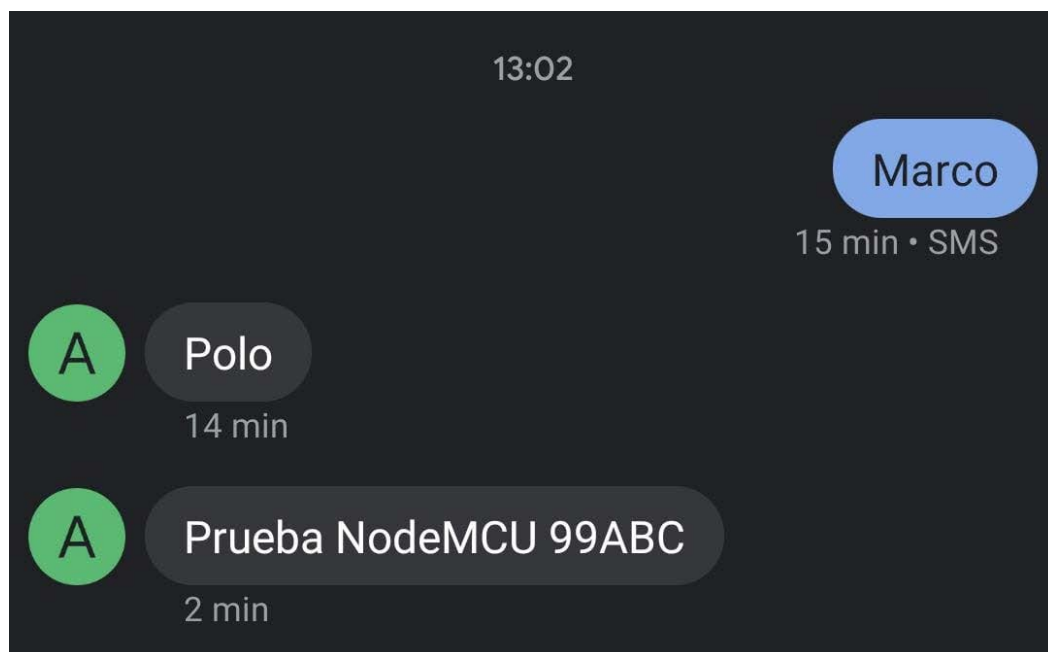


```
¡Se ha recibido un nuevo SMS!  
Memoria: 3  
Número: [REDACTED]  
Fecha: 19/06/21  
Hora: 13:02:17 (GMT-3)  
Mensaje:  
Marco  
  
Respondiendo el comando...  
ENVIANDO MENSAJE...  
*** AT+CMGS="[REDACTED]"  
*** > Polo  
(* ) +CMGS: 71  
MENSAJE ENVIADO CORRECTAMENTE.  
Tiempo tardado: 27 segundos  
OK
```

Detección de un mensaje entrante y respuesta.

```
Ejecutando comando: SMS1  
INGRESE EL NÚMERO DESTINATARIO.  
[REDACTED]  
  
INGRESE EL TEXTO A ENVIAR.  
  
Prueba NodeMCU 99ABC  
  
ENVIANDO MENSAJE...  
*** AT+CMGS="[REDACTED]"  
*** > Prueba NodeMCU 99ABC  
(* ) +CMGS: 72  
MENSAJE ENVIADO CORRECTAMENTE.  
Tiempo tardado: 3 segundos  
OK
```

*Enviando un SMS desde la consola,
vía comando "SMS1"*



Vista desde el celular.

Conclusiones

Se considera, en general, que el prototipo construido supera ampliamente las expectativas que se tenían. Esto se debe, principalmente, al funcionamiento de los sectores 1 y 2 dentro del prototipo, que demostraron poder mantener encendido y conectado a la red al prototipo durante varias horas (hasta alrededor de 4).

Pensando a futuro, y considerando que el prototipo funciona actualmente incluso mejor que lo esperado, posteriormente podría analizarse una mejor distribución de los módulos sobre una placa o, con la disponibilidad adecuada, una estructura impresa en 3D. Con una estructura particularmente diseñada, el localizador podría ser colocado en bolsos o valijas, vehículos, máquinas, animales, etc., ocupando el mínimo espacio posible, pero manteniendo todas sus funciones.

En cuanto al código, se estima que podrían agregarse al mismo otros algoritmos y comandos propios que permitan aumentar las funciones del localizador. De entre ellas, por ejemplo, conectar el prototipo a internet mediante los datos GPRS sería una función extremadamente útil.

Respecto a la batería 18650, sin duda es el elemento dentro del circuito que más peso tiene. Si fuera posible conseguir alguna fuente de DC más liviana, disminuiría el peso total del sistema y le daría más portabilidad.