



# JIDeTEV

Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico  
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



JIDeTEV- Año 2022 -ISSN 2591-4219

## Sistema De Control De Datos E Interfaz De Usuario Para GPS De Alta Precisión

Joaquín E. González <sup>a,\*</sup>, Ricardo A. Korpys <sup>a,b</sup>, Javier E. Kolodziej <sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería, Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>b</sup> Asignatura Proyecto y Diseño Electrónico, Oberá, Misiones, Argentina.

gonzalez.joaquin.ev@gmail.com, korpys@fio.unam.edu.ar, javier.kolodziej@fio.unam.edu.ar

---

### Resumen

El presente artículo describe el diseño, planificación y construcción de un sistema embebido capaz de leer datos provenientes de un módulo GPS, mostrarlos al usuario y también almacenarlos. El GPS utilizado es un módulo de alta precisión de la marca GARMIN, modelo 19x HVS. Los datos pueden guardarse de forma local y masiva, en una tarjeta microSD y también en la nube, pudiéndose tener acceso a los mismos a través de internet. El proyecto presentado aquí se encuentra todavía en curso, siendo parte de la asignatura de Proyecto y Diseño Electrónico del quinto año de la carrera Ingeniería Electrónica. Por lo que el avance mostrado aquí consiste en el diseño y construcción de un primer prototipo, sumado al diseño de un prototipo final.

**Palabras Clave** – Alta precisión, Embebido, GLONASS, GPS, Portable.

### 1. Introducción

Se dispone de un dispositivo GPS de marca GARMIN, modelo GPS 19x HVS. Se requiere diseñar y construir un sistema embebido capaz de leer los datos del módulo para ser visualizados y almacenados.

El sistema debe tener un soporte (como un trípode) donde pueda estar fijo durante la toma de datos, pero siendo de fácil transporte para poder relevar datos en diferentes lugares. Debe tenerse en cuenta las condiciones climatológicas a las que puede estar expuesto (lluvia, humedad, incidencia directa del sol, calor, etc.) debido a que el fin es el de relevar datos principalmente de lugares alejados de puntos urbanos.

La adquisición de datos no necesita ser continua, sino que debe hacerse a voluntad de quien lo opere mediante algún comando. Estos datos deben ser visualizados al momento de guardarse. Se debe contar con algún tipo de memoria no volátil para el almacenamiento de lo registrado, como por ejemplo memoria flash, tarjeta de memoria, entre otros.

Todo el sistema embebido debe estar alimentado por una batería recargable, con una capacidad de al menos 24hs.

El GPS 19x HVS es una antena integrada a un receptor. Este módulo GPS es capaz de rastrear múltiples satélites a la vez, proporcionando actualizaciones de navegación precisas y rápidas desde una vez por segundo hasta diez veces por segundo, con bajo consumo de energía. Además del

sistema satelital GPS, el GPS 19x HVS también admite el uso simultáneo del sistema satelital ruso GLONASS[ 1].



**Figura 1 - GPS19x HVS.**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), es un sistema que permite localizar a cualquier objeto o persona sobre la Tierra con una precisión de entre centímetros a unos pocos metros. Para determinar su posición, se utilizan cuatro o más satélites junto a la trilateración, que es un método matemático para determinar las posiciones relativas de objetos usando la geometría de triángulos de forma análoga a la triangulación. Este sistema está compuesto por seis órbitas de cuatro satélites cada una. Puede prestar una cobertura mundial, con capacidad de usuarios ilimitada. Existe también el sistema conocido como GPS diferencial, el cual proporciona a los receptores de GPS correcciones de los datos recibidos de los satélites GPS, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada.

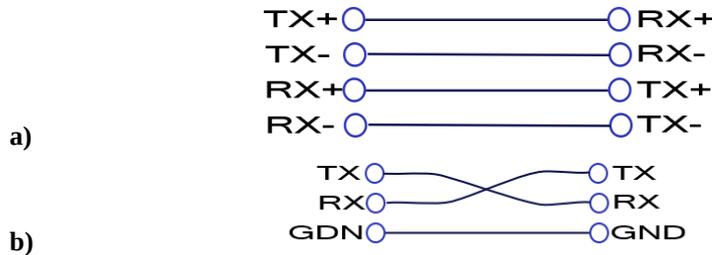
GLONASS es un sistema global de navegación por satélite administrada por la Federación de Rusia, siendo el homólogo del GPS estadounidense. Consta de un sistema de tres planos orbitales con ocho satélites en cada uno, siendo estas órbitas algo más bajo que el GPS.

Al soportar tanto GPS y GLONASS, el módulo de GARMIN cuenta con más satélites disponibles, traduciéndose esto en una mayor rapidez a la hora de adquirir la posición, como así también en una mayor precisión.

## **2. Diseño del sistema**

El receptor GPS requiere componentes adicionales, como una fuente de energía y una vista clara de los satélites. Ya cuenta con memoria FLASH interna para retener datos como los parámetros orbitales del satélite, la última posición conocida, la fecha y la hora. Las interfaces de usuario, como teclados y pantallas, son las que también deben ser provistas por el sistema a construir. El protocolo de transmisión de datos del GPS es el NMEA 0183. El módulo es compatible con una velocidad de actualización de posicionamiento de una vez por segundo y se comunica a 4800 bps. También se puede operar a una tasa de actualización de posicionamiento de 10 veces por segundo, comunicándose a 38400 bps[ 1].

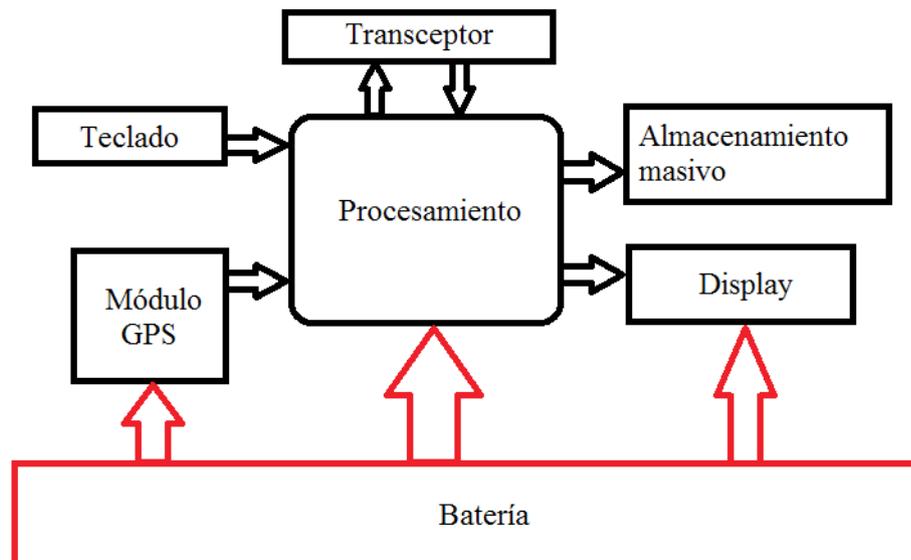
El NMEA 0183 es una combinación de especificaciones eléctrica y de datos para la comunicación entre varios tipos de dispositivos electrónicos, entre ellos los receptores GPS. El estándar eléctrico que se utiliza es EIA-422, aunque la mayoría del hardware con salidas NMEA-0183 también puede controlar un único puerto EIA-232 (caso del 19x HVS). Respecto al envío y recepción de datos, se usa una comunicación en serie con caracteres de tipo ASCII. Sin bien en internet puede encontrarse mucha información respecto al protocolo y sus sentencias, la única información oficial y por lo tanto confiable se obtiene a través de la Asociación Nacional de Electrónica Marina (NMEA)[ 2].



**Figura 2 - (a) Transmisión EIA-422. (b) Transmisión EIA-232.**

Los paquetes de datos tienen una longitud máxima de 82 caracteres. Los símbolos ASCII van desde 0x20 (espacio) hasta 0x7e (~), a excepción de algunos caracteres reservados. Los diferentes campos de datos están separados por una coma.

De acuerdo a las especificaciones del dispositivo GPS y a los objetivos planteados, se propone la solución esquematizada en la Figura 3.



**Figura 3 - Solución propuesta.**

A continuación, son descritas cada una de las partes de forma detallada.

## Módulo GPS

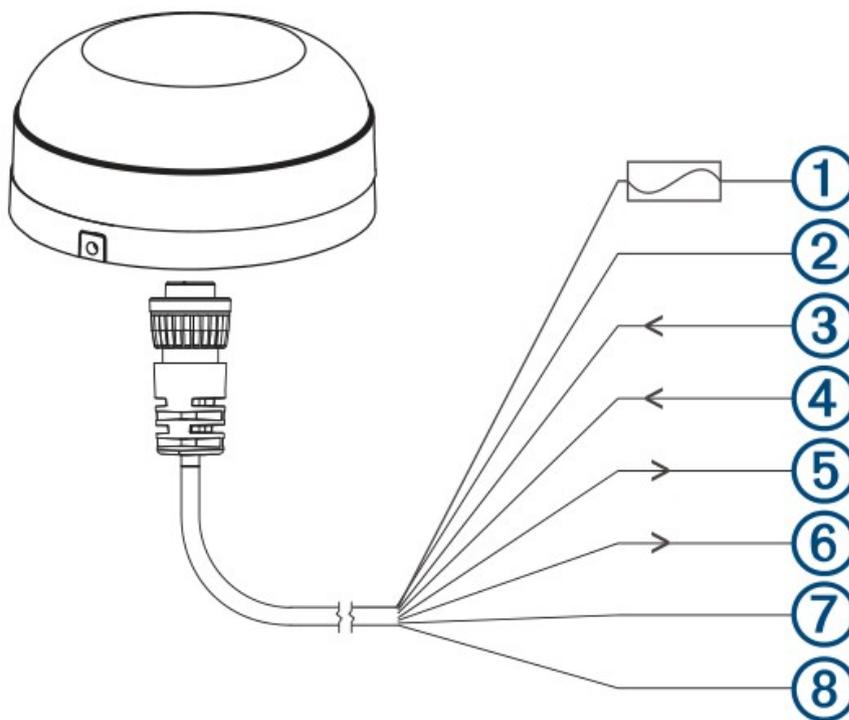
Se resumen las principales características del dispositivo[ 1]:

**Tabla 1 - Características generales y características eléctricas del módulo GPS.**

Características generales	Características eléctricas
Receptor capaz de utilizar múltiples satélites (GPS, GLONASS, Galileo, QZSS) mediante 32 canales.	Voltaje de entrada entre 8 y 33Vdc.
Error de aproximadamente 3m mediante	
Operación de actualización de 1Hz y 4800bps o 10Hz con 38400bps.	Corriente de entrada de 40mA a 12Vdc.
Memoria no volátil sin necesidad de batería, con autonomía de hasta 10 días.	
Diseño a prueba de agua.	Salidas CMOS entre 0 y 3,3Vdc.
Comunicación serie RS-232 y RS-422.	
Protocolo NMEA 0183.	Temperatura ambiente de operación entre -30°C y 80°C.
Cable de 9m.	

Para su correcto funcionamiento se debe montar a cielo abierto, donde no hayan sombras ni obstrucciones en ninguna dirección; se tiene que evitar tener cerca motores u otras fuentes de interferencia electromagnética, además de elementos de metal ferroso; además se requiere una distancia mayor a 1m de cualquier antena de radio VHF[ 3].

A continuación, se presenta el conexionado correcto de la antena receptora.



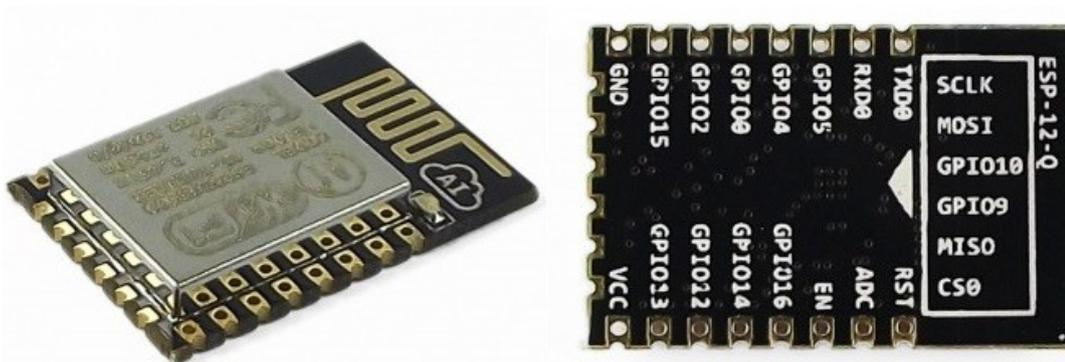
**Figura 4 - Cableado GPS19x HVS.**

**Tabla 2 - Nomenclatura y funciones del cableado GPS19x HVS.**

HILO	Color	Función
1	Rojo	Alimentación (Fusible 1A)
2	Negro	Tierra
3	Blanco/ Naranja	Rx/B (Entrada -)
4	Blanco	Rx/A (Entrada +)
5	Gris	Tx/A (Salida +)
6	Blanco/Rojo	Tx/B (Salida -)
7	Naranja	Accesorio activado
8	Morado	Pulsaciones por segundo

### Procesamiento

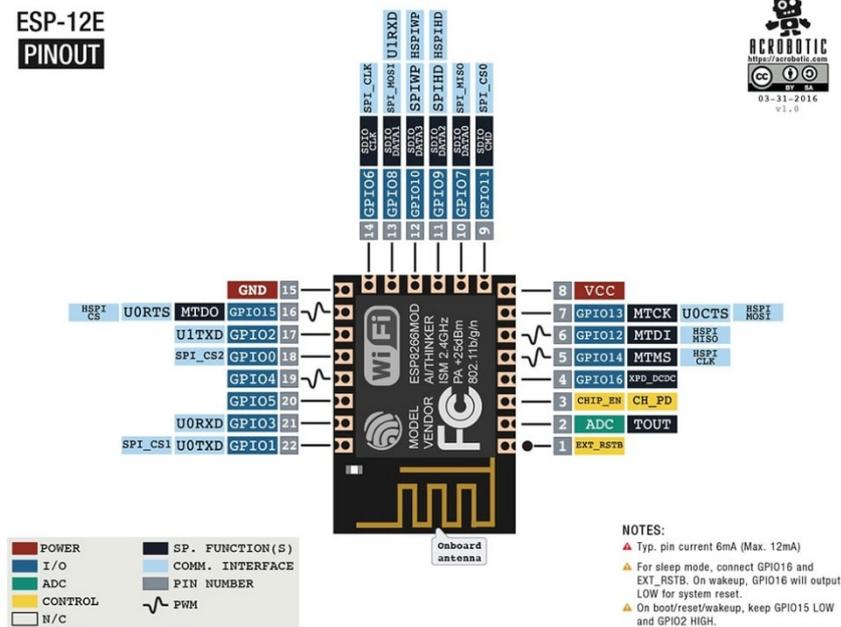
Para la unidad de procesamiento se elige el módulo ESP8266-12E del fabricante Ai-Thinker, basado en el System on Chip (SoC) ESP8266 de la empresa Espressif. Este SoC es un chip de bajo consumo con funcionalidades Wifi, lo que permite conectarse a una red inalámbrica con internet incluyendo el bloque de *Transceptor*.



**Figura 5 - Módulo ESP8266 12E.**

El SoC ESP8266 es un chip que integra un microcontrolador con arquitectura de 32 bits y conectividad Wifi. El módulo integra al SoC ESP8266 con memoria FLASH, cristal oscilador y antena WiFi en PCB. La frecuencia principal puede ser de 80MHz o 160MHz, y se admite RTOS. También cuenta con 16 puertos de propósito general (entrada / salida), capacidad de comunicación I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S, SPI, UART, convertidor analógico-digital (ADC de 10 bits) y modulación de ancho de pulso (PWM). Tiene una memoria ROM de inicio de 64 KB, memoria RAM de instrucciones y de datos[ 4].

## ESP-12E PINOUT



**Figura 6 - Diferentes GPIO y otras funcionalidades.**

Con respecto a la programación del módulo, puede hacerse en lenguaje C++ utilizando el IDE de Arduino, como también así su framework[ 5]. Esto trae la ventaja de no necesitar aprender un lenguaje nuevo ni tampoco el uso de otro entorno de programación. Sin embargo, el mismo fue escrito en Visual Code Studio, con la extensión PlatformIO. PlatformIO es una herramienta IDE profesional multi-plataforma y multi-arquitectura de mucha utilidad para el desarrollo de sistemas embebidos[ 6]. Esta herramienta permite seguir aprovechando el framework de Arduino con otras ventajas que no se obtienen con su IDE.

El módulo ESP8266-12E no tiene una capacidad de comunicación USB, por lo que se necesita un convertor de señales UART/USB para conectarlo a la PC y poder cargar programas.



*Figura 7 - Conversor UART/USB.*

Además de servir para comunicar el ESP8266 con la PC mediante las terminales de transmisión y recepción (Tx y Rx), también sirve para alimentar al módulo con los pines 3,3V y GND.

También son necesarios determinados estados lógicos en ciertos pines para poder cargar un programa. Esto se logra asegurando los puertos GPIO00 y GPIO15 en 0V, con el GPIO02 en 3,3V[ 4].

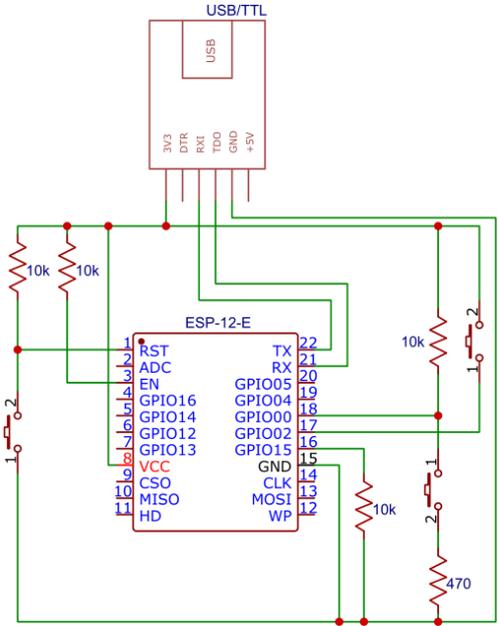
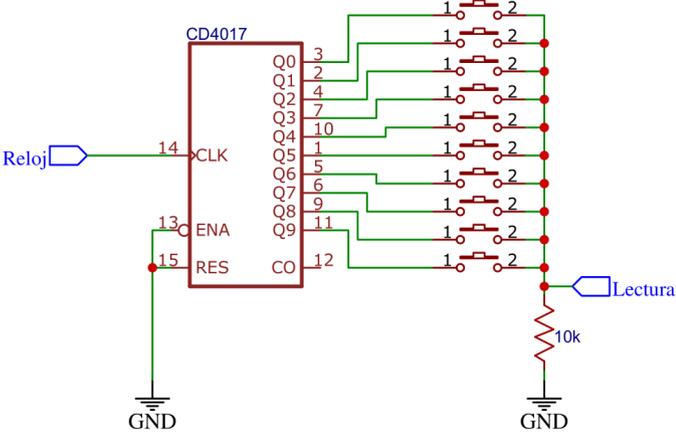


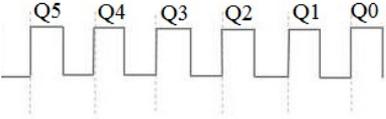
Figura 8 - Circuito para poder bootear el módulo.

Teclado

Se diseña un teclado matricial de varias filas y una columna con un contador decimal CD4017. Este CI es un contador de tipo Johnson con 10 salidas. El contador avanza en una la cuenta por cada transición positiva de la señal de reloj que recibe. También posee una entrada RES para resetear la cuenta[ 7].



a)



b)

Figura 9 - (a) Circuito para teclado. (b) Cada tren con la salida que activa.

De esta manera, con el ESP se genera una señal de reloj de una frecuencia fija para alimentar al contador (Figura 9a). Con cada transición positiva se activa una de sus salidas, con lo que se puede leer cada tecla por separado a través una entrada al ESP. En la Figura 9b se observa cada semiciclo positivo con la salida del contador a activar.

El teclado será utilizado para navegar entre las opciones del sistema, como ver los diferentes datos del GPS (latitud, longitud, fecha, hora, etc.), realizar diferentes configuraciones, guardar los datos, entre otras.

### *Display*

Para la visualización se utiliza un display OLED de 0.96 pulgadas. El mismo es muy pequeño por lo que la cantidad de información a mostrar es limitada. Se usa un modelo integrado con el circuito integrado SSD1306. Este IC está diseñado para panel OLED de tipo cátodo común.

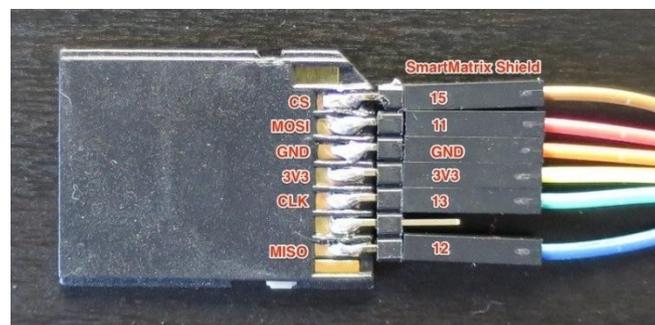


**Figura 10 - OLED 0,96”.**

El SSD1306 incorpora control de contraste, RAM de pantalla y oscilador, lo que reduce la cantidad de componentes externos y el consumo de energía. Tiene control de brillo de 256 pasos. Este CI es de amplio uso, ya que resulta adecuado para muchas aplicaciones portátiles compactas, como subpantallas de teléfonos móviles, reproductores de MP3 y calculadoras, etc[ 8].

### *Almacenamiento masivo*

Para almacenar los datos tomados se usará una tarjeta microSD. Los únicos que se pretenden almacenar son los de latitud, longitud, fecha y hora. Dado que las tarjetas funcionan a tensiones de 3,3V pueden conectarse directamente a los pines del ESP.



**Figura 11 - Tarjeta SD.**

## Almacenamiento en la nube

Para poder cumplir con esta función del programa se emplea *Firebase*. Firebase es un conjunto de herramientas para desarrollo de software con una gran variedad de utilidades.

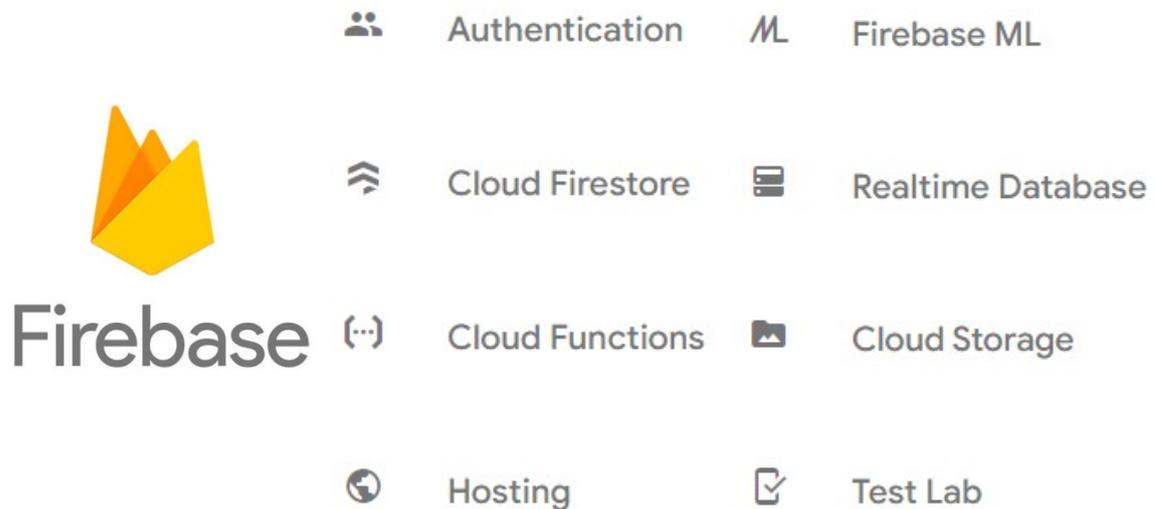


Figura 12 - Principales características de Firebase.

Para el presente proyecto, se hace uso de las funcionalidades *Authentication* y *Realtime Database*.

*Authentication*: permite diferenciar por usuarios a quienes pretendan hacer uso del sistema. De esta manera cada cual puede tener un registro separado de los datos tomados[ 9].

*Realtime Database*: es una base de datos alojada en la nube, donde los datos se almacenan en formato JSON y se sincronizan en tiempo real con cada usuario[ 10].

### 3. Resultados

Para empezar, no se pudo poner en funcionamiento el módulo con antena receptora GPS. Después de varias pruebas se comprobó que presentaba averías entre el conector exterior y el circuito interno. Debido a esto, todas las pruebas debieron hacerse sin su uso.

En primer lugar, se buscó una herramienta online que permita obtener un conjunto de sentencias de tipo NMEA 0183 a partir de algún recorrido arbitrario marcado en algún mapa interactivo. Esto se logró mediante la página de internet *NMEA Generator*.



De esta manera se puede trabajar normalmente. Y cuando se pueda contar con el GPS en funcionamiento no se necesitarán hacer grandes cambios al programa.

En lo referente al armado del circuito, inicialmente se armó en una pequeña plaqueta perforada el circuito para poder trabajar con el módulo ESP.

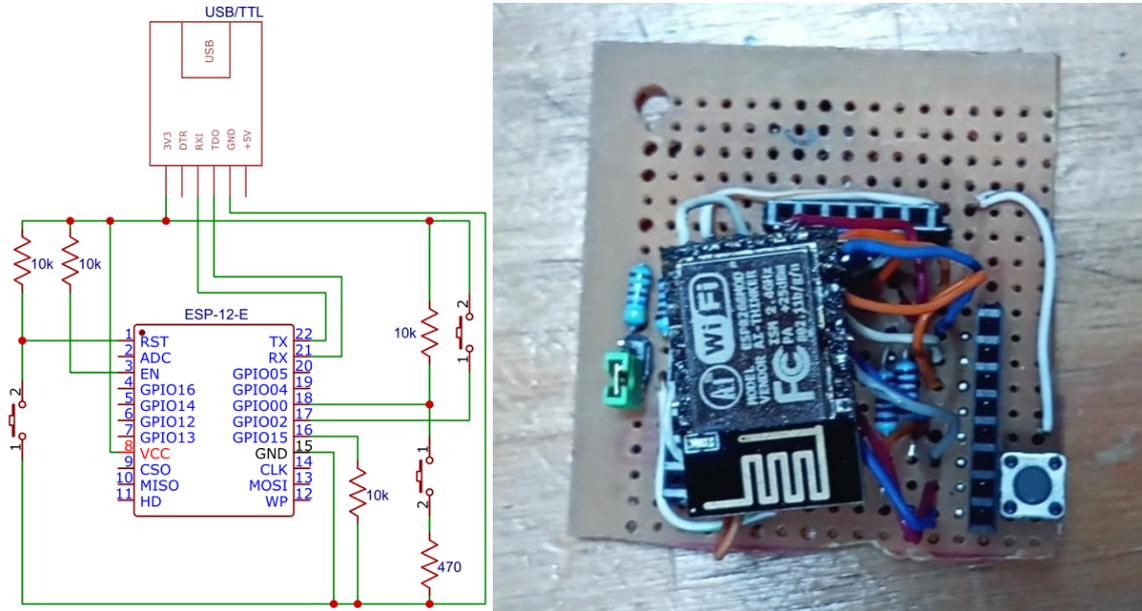


Figura 15 - Circuito esquemático y circuito construido.

El siguiente paso es armar un circuito, no con las prestaciones finales, sino lo necesario para testear las diferentes funciones del circuito final.

Para alimentar el circuito, se utiliza una fuente de 12V junto a un regulador de tensión lineal *LM317*, cual puede proveer una tensión de salida  $V_o$  entre 1,25V a 37V, siempre que la diferencia entre esta tensión y la tensión de entrada  $V_i$  proveniente de la fuente se encuentre en el rango  $3V \leq V_i - V_o \leq 40V$ . Mediante dos resistores externos se lo configura para tener en su salida 3,3V. Para el teclado solamente se ponen en funcionamiento dos teclas, para cambiar la información a mostrar en pantalla. Además, el programa está configurado para subir de forma automática los datos a la nube, mediante Firebase.

A continuación, se muestra el circuito esquemático del circuito.

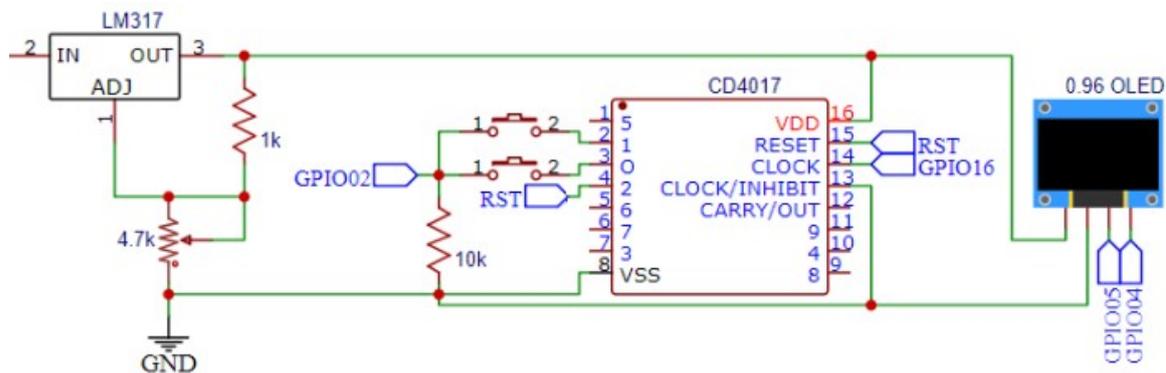


Figura 16 - Circuito de prueba.

En la figura siguiente se muestra el circuito armado.

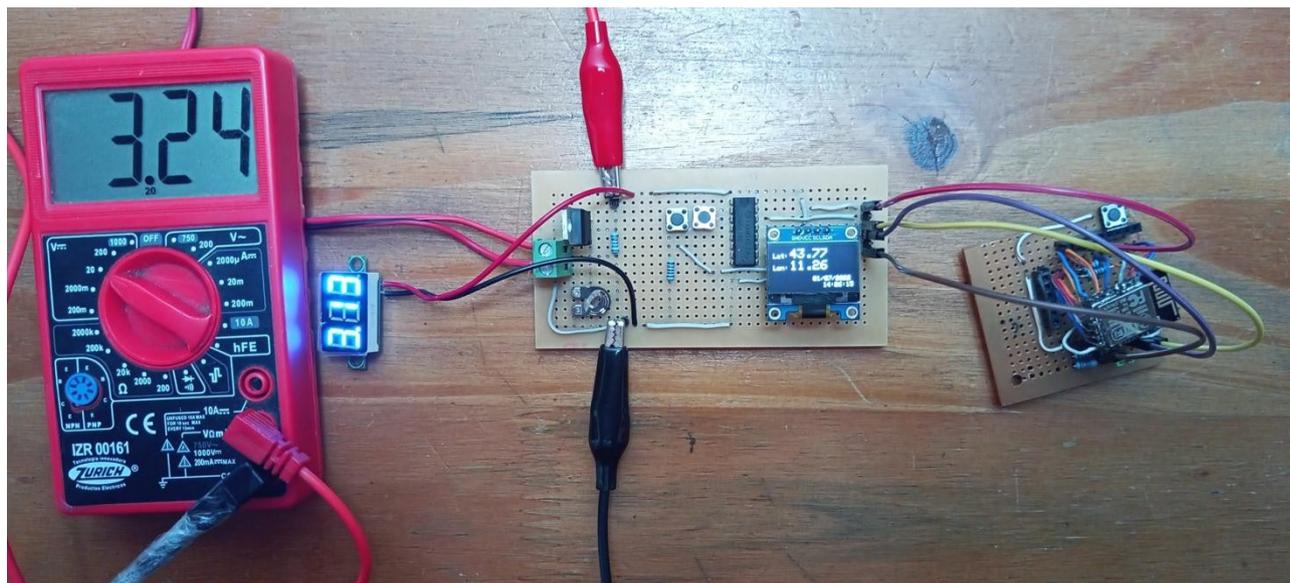


Figura 17 - Circuito de prueba armado.

Al circuito de la Figura 16 se agregó un voltímetro LCD de tres dígitos para los momentos en los cuales no se cuenta con un multímetro para controlar la tensión en la salida del LM317. Hay que tener en cuenta que el LCD presenta un error de 110mV respecto al multímetro.

Por el tamaño del display, el funcionamiento va alternando entre dos pantallas diferentes. En una primera pantalla se priorizan los datos de lugar (latitud y longitud), y en la segunda se priorizan los datos de tiempo y fecha.

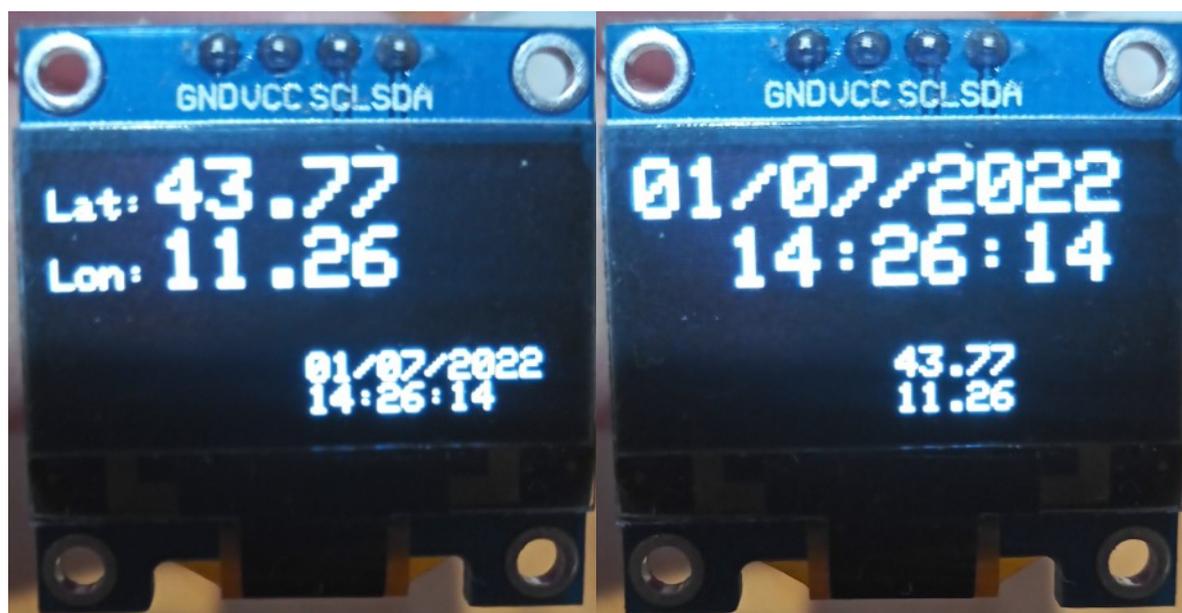


Figura 18 - Dos modos de pantalla con énfasis en diferentes datos.

Con respecto al guardado en la nube, se muestran a continuación los resultados.

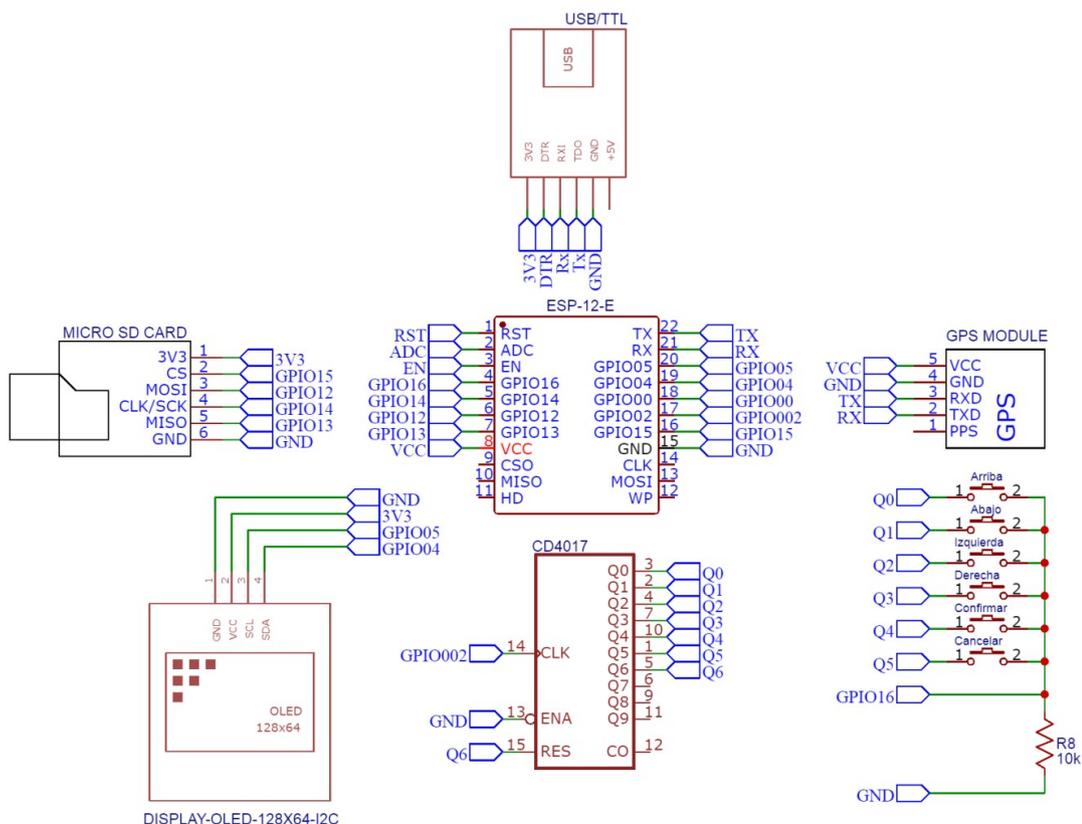


**Figura 19 - Información subida a la base de datos de Firebase.**

Se puede ver que en la dirección de la base de datos, se tiene una división para diferenciar al usuario, luego se guardan las lecturas separadas por fecha y también por hora.

#### 4. A futuro

Se presenta el circuito esquemático simplificado de lo que se pretende sea el circuito final.



**Figura 20 - Circuito esquemático final simplificado.**

De aquí en adelante, se tiene planeado agregar teclas para ampliar las opciones a manejar mediante el software. Esto principalmente para poder realizar configuraciones sobre el funcionamiento del sistema y también sobre el funcionamiento del módulo GPS.

Resta también incorporar la función de guardar los datos tomados en un archivo dentro de una tarjeta SD.

Cuando se pueda contar con el módulo GPS en funcionamiento, se pueden realizar pruebas del consumo para seleccionar la batería correcta.

## 5. Conclusiones

A través del circuito implementado se pudo comprobar el funcionamiento de varias funciones del sistema de interfaz del módulo GPS. Se pudo hacer funcionar el display OLED para mostrar diferentes datos al usuario. Se pudo implementar un teclado empleando el CD4017. También se pudo guardar los datos de posición y horario en un servicio de la nube.

Quedan varias utilidades para agregar de aquí en más. Los resultados mostrados en el presente trabajo fueron obtenidos gracias un circuito montado de manera provisoria en una plaqueta perforada. Además de combinar las funciones presentes y las funciones por desarrollar, esto se debe realizar en una placa de circuito impreso (PCB).

El sistema aquí desarrollado tiene el fin de almacenar las coordenadas de distintos puntos geográficos. De esta manera, se pueden asociar diferentes datos o características observadas con las distintas localizaciones. Esto sería de gran utilidad para personas cuyo trabajo involucre tareas en zonas alejadas de los lugares urbanos, como guardabosques, agentes de frontera, fotógrafos de fauna y flora silvestre, entre otros.

## Referencias

- [ 1] Garmin Ltd. “GPS 19x HVS TECHNICAL SPECIFICATIONS”. 190-01361-07, Revision A. June 2012. Disponible: [https://static.garmin.com/pumac/GPS\\_19x\\_HVS\\_Tech\\_Specs\\_EN.pdf](https://static.garmin.com/pumac/GPS_19x_HVS_Tech_Specs_EN.pdf)
- [ 2] National Marine Electronics Association. “NMEA 0183 Standard”. Disponible: [https://www.nmea.org/content/STANDARDS/NMEA\\_0183\\_Standard](https://www.nmea.org/content/STANDARDS/NMEA_0183_Standard)
- [ 3] Garmin Ltd. “GPS 19X HVS NMEA® 0183 INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN (V2)”. Junio de 2012. Disponible: [https://static.garmin.com/pumac/GPS\\_19x\\_HVS\\_Installation\\_ES-XM.pdf](https://static.garmin.com/pumac/GPS_19x_HVS_Installation_ES-XM.pdf)
- [ 4] AI-Thinker team. “ESP-12E WiFi Module (Version 1.0)”. Year 2015. Disponible: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1258546/AI-Thinker/ESP-12E/1>
- [ 5] Random Nerd Tutorials. “Installing ESP8266 Board in Arduino IDE” (2015). Disponible: <https://randomnerdtutorials.com/how-to-install-esp8266-board-arduino-ide/>
- [ 6] PlatformIO Labs. “What is PlatformIO?” (2014). Disponible: <https://docs.platformio.org/en/latest/what-is-platformio.html>
- [ 7] Texas Instruments. “CD4017B, CD4022B Types CMOS (Rev. C)”, datasheet SCHS027C – Revised February 2004. Disponible: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4017b.pdf>
- [ 8] SOLOMON SYSTECH. “SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA, SSD1306” datasheet SSD1306 Revision 1.1, 2008. Disponible: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SSD1306.pdf>
- [ 9] Google Developers. “Firebase authentication” (07 de Julio 2022). Disponible: <https://firebase.google.com/docs/auth?authuser=0&hl=es>
- [ 10] Google Developers. “Firebase realtime database” (11 de Junio 2022). Disponible: <https://firebase.google.com/docs/database?authuser=0&hl=es>
- [ 11] Diego Assencio. “Help topics”. Disponible: <https://www.nmeagen.org/>