

Curso Taller Integrador

**Sistema de Posicionamiento y Monitoreo de
Embarcaciones Pesqueras Artesanales en Costa Rica
mediante LoRa APRS y Módulo T-Beam hacia un
iGate**

Joham Mora Castrillo, Natalia Hernández López, Josué Marín Vargas

Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica

Enero-Febrero, 2025

Contenidos

- **Problemática**
- **A - Diseño de la solución**
 - **Casos Extremos**
 - **Producto Final**
- **B - Componentes**
- **C - Funcionamiento del Proyecto**
 - **Diagrama de bloques del sistema**
 - **Máquina de estados del sistema**
- **D - Implementación en hardware**
- **E - Pseudo-Programación**
- **F - Tramas de datos**
- **Cronograma**
- **Presupuesto**
- **Referencias**

Contenidos

- **Problemática**
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Problemática

Vamos a observar el siguiente video, tomado a un **pescador de Costa Rica que estuvo en la barrera entre la vida y la muerte** por las condiciones meteorológicas del país

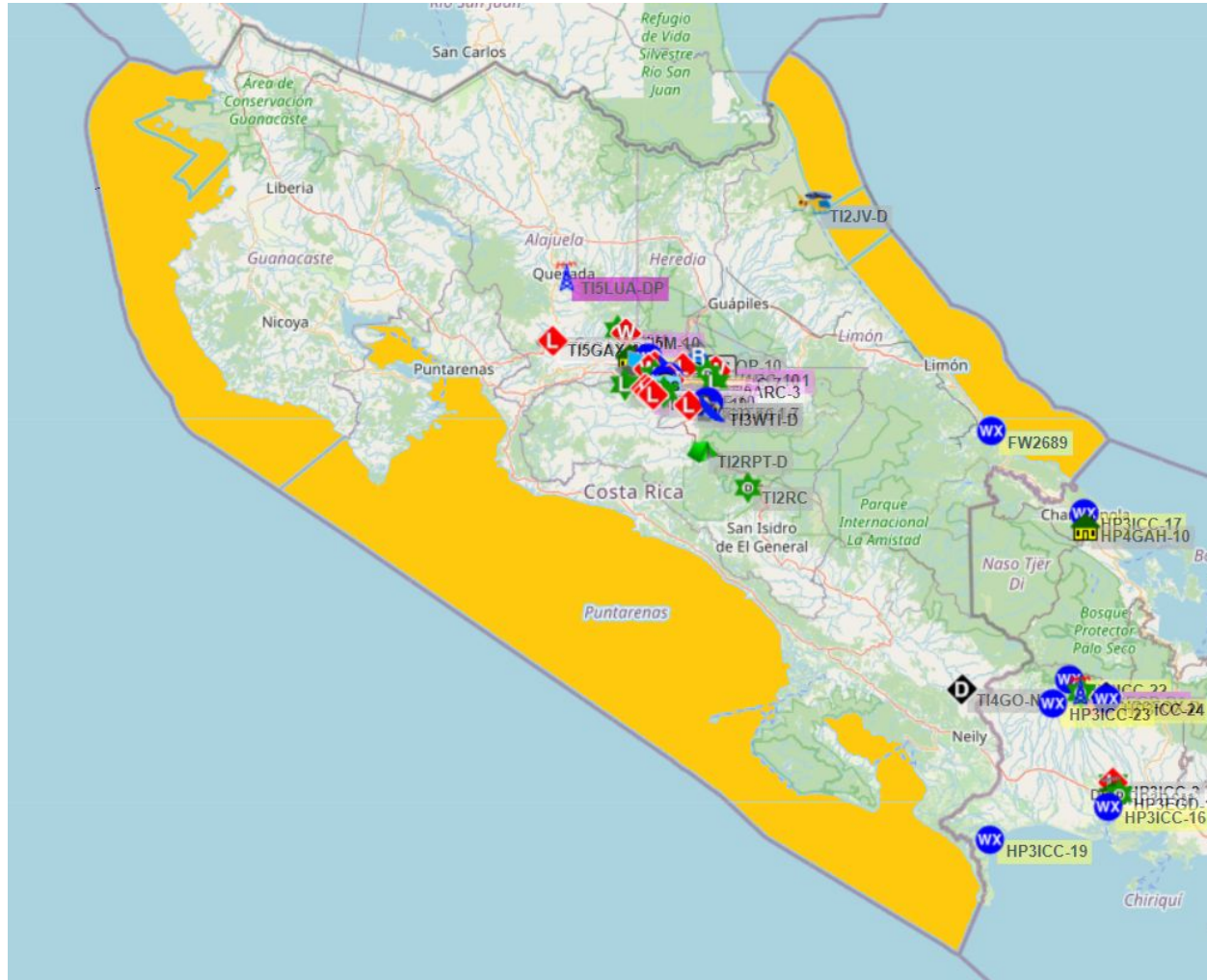
[Pesca en Costa Rica](#)

Contenidos

- Problemática
- **A - Diseño de la solución**
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Diseño de la solución

Soporte tecnológico a los pesqueros costarricenses



Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - **Casos Extremos**
 - **Producto Final**
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Casos Extremos

Hundimiento o volcamiento

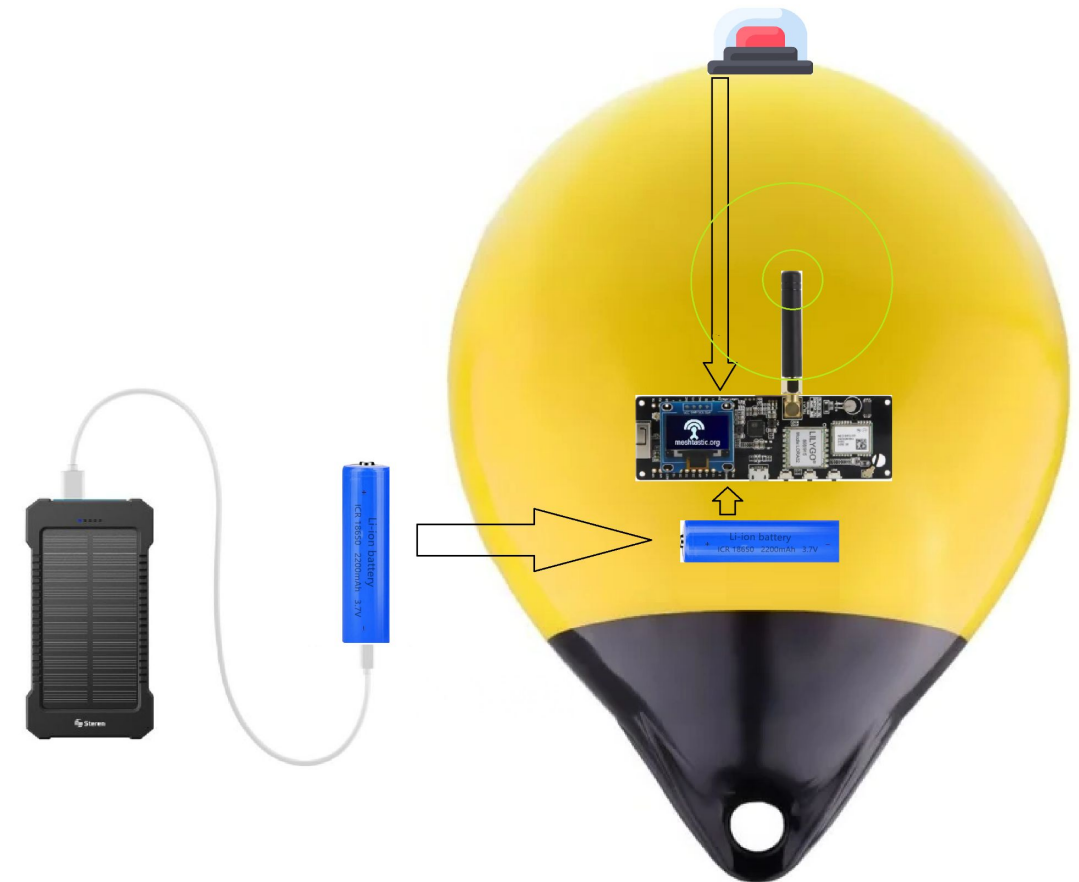


- Resistente al agua
- Largo alcance
- Botón de emergencia
- Fácil de usar
- Boya flotante

Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - **Producto Final**
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Producto Final

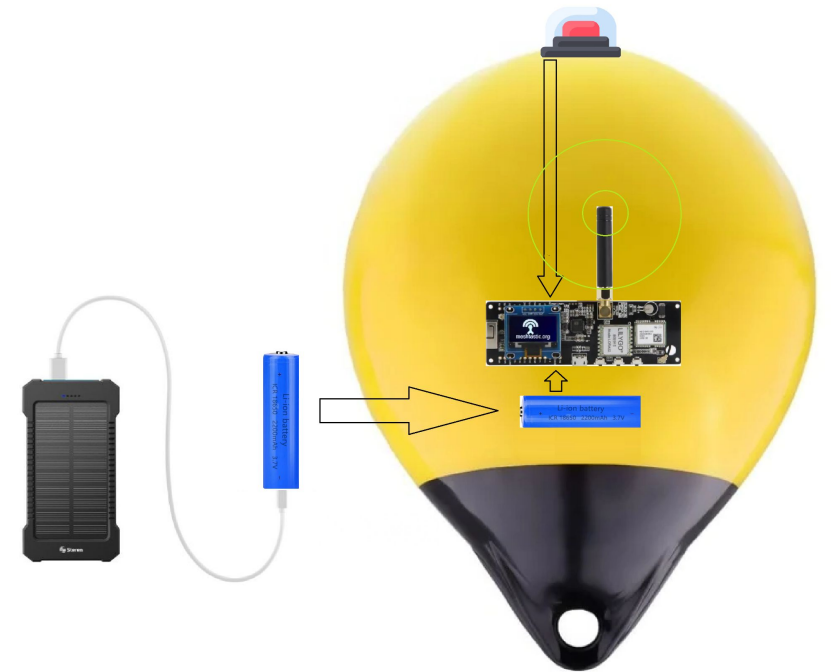


Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- **B - Componentes**
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Componentes

Concepto	Unidades
Módulo Tracker t-beam-axp21p1-v1.2	1
Módulo Tracker iGate TTGO T-Beam o Heltec LoRa 32 V2	3
Boya flotante	1
Botón aprueba de agua	1
Cables	1 m
Estaño	20 g
Termocontraible	1 m
Pegamento contra agua	1
Batería de Litio 18650	1
Estructura diseñada en 3D (para soporte del Tracker)	300 g
Cargador de baterías solar	1



Componentes

Con iGate a una altura aproximada de 20 metros la cobertura radial ronda de 30-40km **debido a la ausencia de obstáculos**



Especificaciones técnicas del TTGO T-Beam AXP21P1 V1.2 (LoRa APRS)

Componente	Especificación
Procesador	ESP32-D0WDQ6-V3
Arquitectura	Xtensa LX6, Dual Core, 32-bit
Frecuencia	Hasta 240 MHz
RAM	520 KB SRAM
Flash	4 MB
Módulo LoRa	SX1276 (433 MHz)
Módulo GPS	u-blox NEO-6M o NEO-M8N
Control de energía	AXP192 (gestión de batería y carga)
Conectividad	WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth BLE
Antenas	SMA (LoRa), u.FL (GPS)

Componentes

Justificación de escogencia **Tracker** TTGO T-Beam AXP21P1

- Alta Integración
- Bajo consumo
- Soporte para 433MHz
- Alta propagación en espacios abiertos

Justificación de escogencia **Procesador** ESP32-D0WDQ6-V3

- Potencia suficiente
- Codificación paquetes APRS
- Controlar módulo LoRa
- Conectividad Wifi/Bluetooth

Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- **C - Funcionamiento del Proyecto**
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - **Diagrama de bloques del sistema**
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Diagrama de primer nivel



Diagrama de segundo nivel



Diagrama de tercer nivel

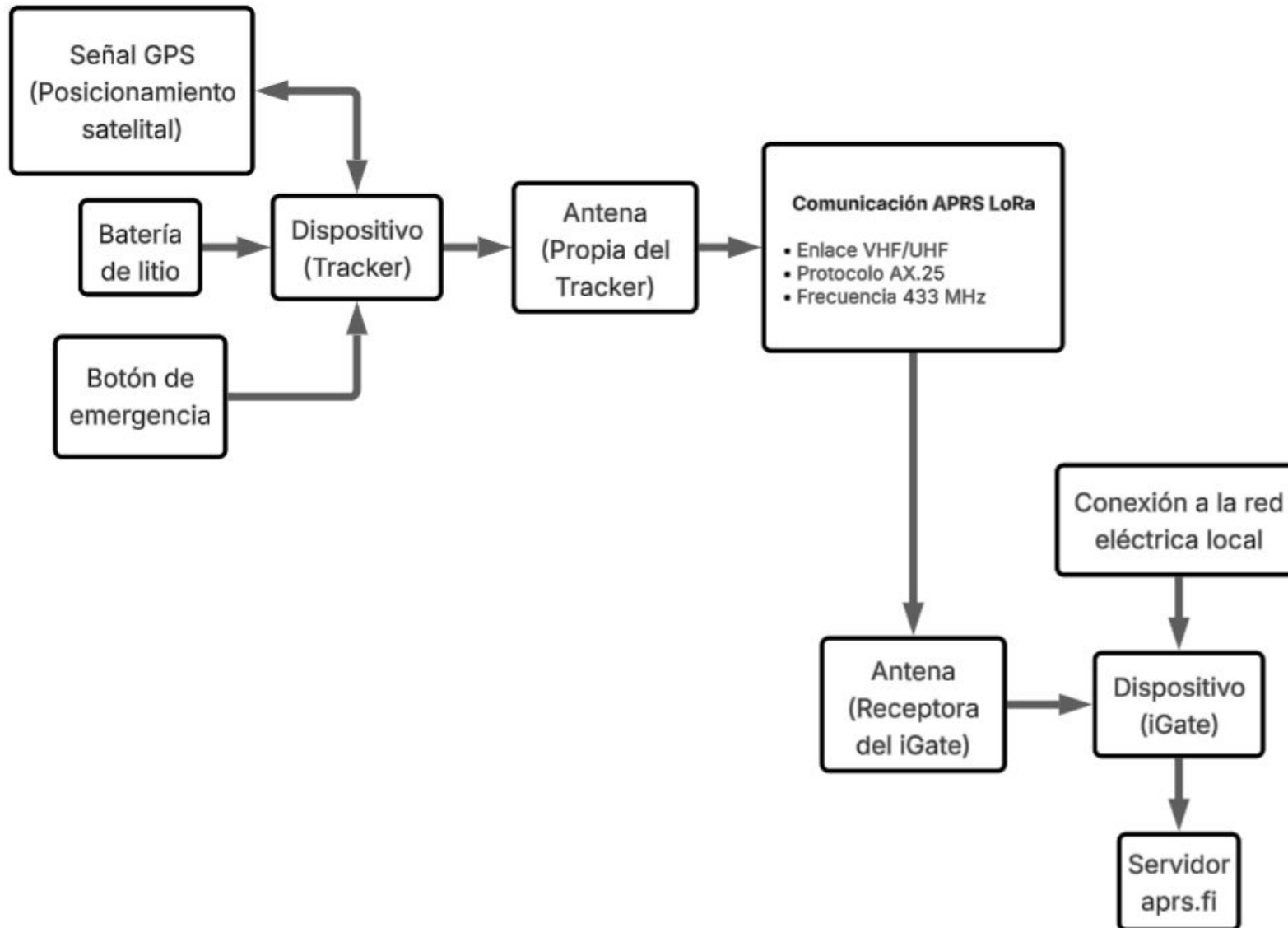
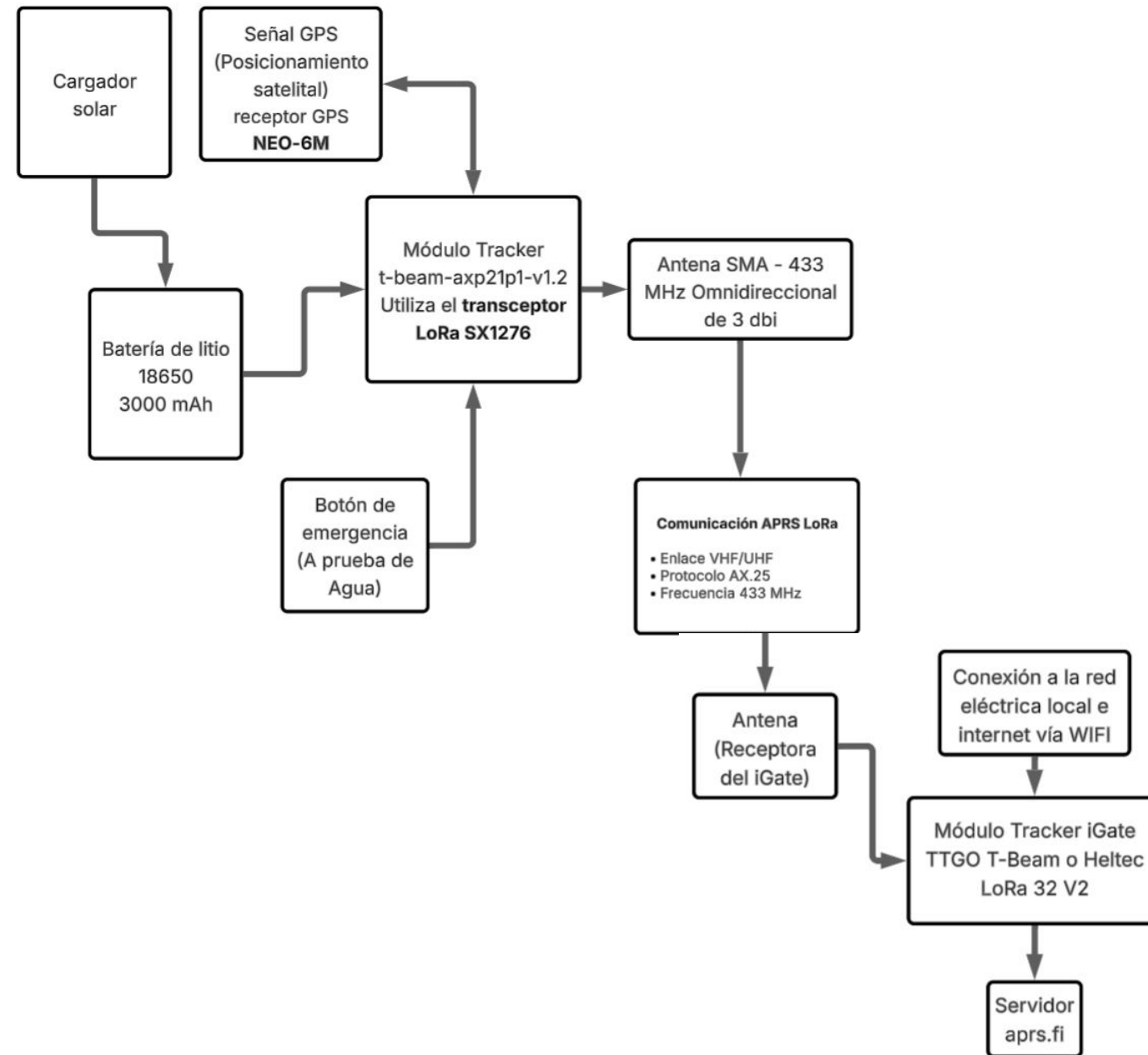
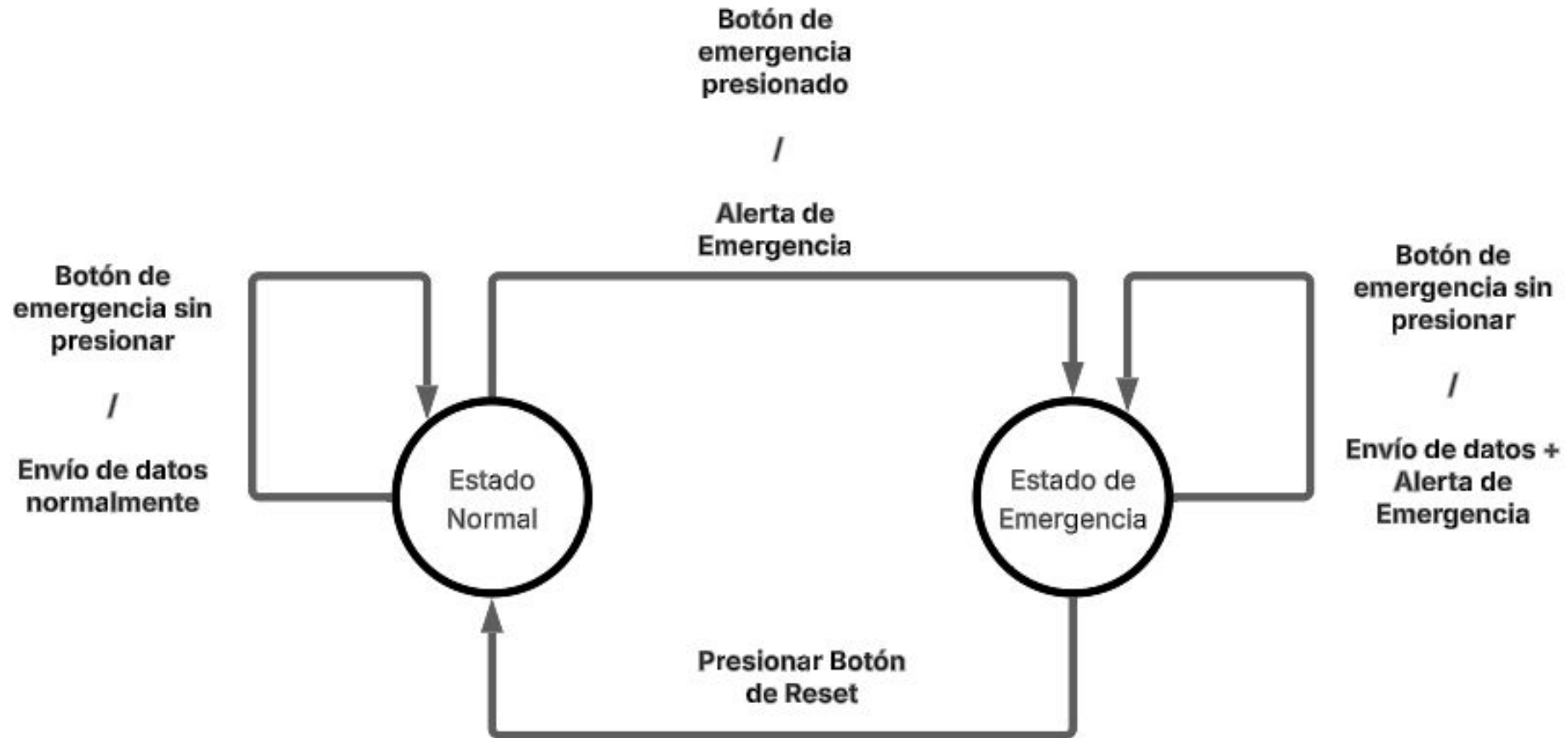


Diagrama de cuarto nivel



Contenidos

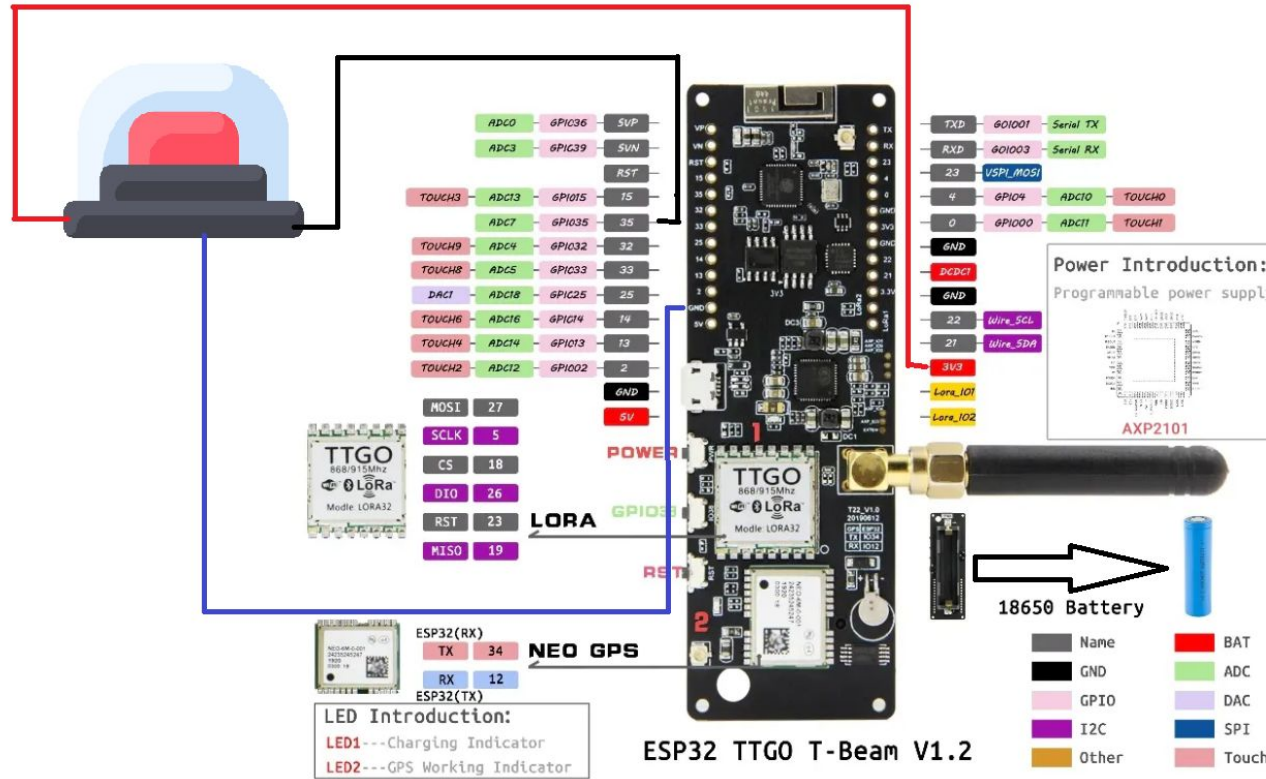
- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - **Máquina de estados del sistema**
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias



Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- **D - Implementación en hardware**
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Especificaciones técnicas del TTGO T-Beam AXP21P1 V1.2 (LoRa APRS)

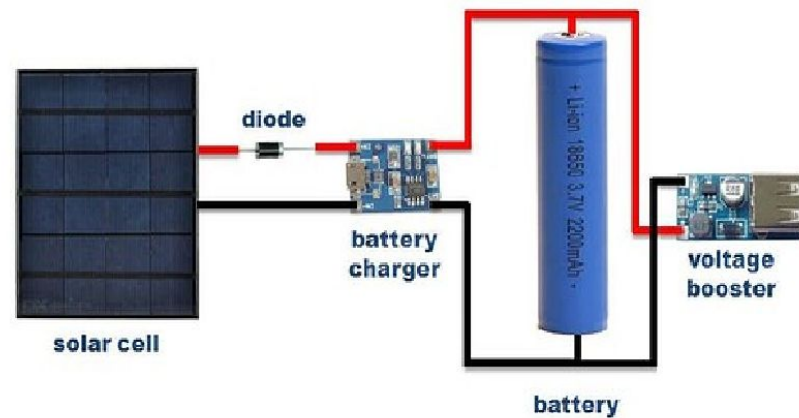


Componente

Procesador
Arquitectura
Frecuencia
RAM
Flash
Módulo LoRa
Módulo GPS
Control de energía
Conectividad
Antenas

Especificación

ESP32-D0WDQ6-V3
Xtensa LX6, Dual Core, 32-bit
Hasta 240 MHz
520 KB SRAM
4 MB
SX1276 (433 MHz)
u-blox NEO-6M o NEO-M8N
AXP192 (gestión de batería y carga)
WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth BLE
SMA (LoRa), u.FL (GPS)



Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- **E - Pseudo-Programación**
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Pseudo programación

Inicio

Configuracion:

- Inicializar comunicaciones (GPS, LoRa, WiFi, Bluetooth)

- Configurar perifericos (pantalla, botones, joystick, teclado)

- Configurar pin 35 como entrada para emergencias

- Cargar configuracion del beacon y otros parametros

Pseudo programación

Bucle Principal:

- Mientras el tracker este encendido:

 - Obtener beacon actual y validarlo

 - Actualizar estado de la batería y smart beacon

 - Si pin 35 esta en BAJO (emergencia): #activa en bajo

 - Activar estado de emergencia

 - Enviar alerta a LoRa y/o Bluetooth

 - Encender luz de emergencia (si esta configurada)

 - Si Bluetooth esta activo y conectado:

 - Enviar datos a dispositivo movil (BLE o clasico)

 - Gestionar LEDs y notificaciones (flash, etc.)

Pseudo programación

Validar y eliminar rastreadores escuchados si es necesario

Si GPS esta activo:

Obtener y validar datos de GPS

Si datos validos:

Calcular distancia, direccion y enviar beacon

Si GPS no esta disponible:

Gestionar bateria sin GPS

Si GPS no esta activo:

Despertar GPS si es necesario

Actualizar informacion de pantalla periodicamente

Fin

Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- **F - Tramas de datos**
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Tramas de datos

Estructura de trama LoRa

Las tramas LoRa incluyen varios campos de datos:

- **Beacon ID (5B):** Identificador único del dispositivo.
- **Message Type (1B):** Tipo de mensaje (0x01: Actualización de beacon, 0x02: Alerta de emergencia).
- **GPS Data (10B):** Coordenadas de latitud y longitud del dispositivo.
- **Timestamp (4B):** Marca de tiempo en formato Unix (32 bits).
- **Battery State (1B):** Estado de la batería (OK, bajo voltaje).
- **Emergency Flag (1B):** Indica si la alerta de emergencia está activada (0x01 para activo).

Tramas de datos

Estructura de trama LoRa para botón de emergencia:

- **Message Type:** 0x02 (Alerta de emergencia).
- **Emergency Flag:** 0x01 (Activo).
- **Priority:** Campo opcional para indicar la prioridad de la emergencia (0x03 para alta prioridad permitiendo distinguir entre tipos de alertas y asegurando atención rápida a situaciones críticas).

Tramas de datos

Ejemplo de trama de datos de señal de emergencia

Beacon ID	12345
Msg Type	0x02 (E. Alert)
GPS Data	37.7749,-122.4194
Timestamp	1627221573
Bat. State	0x01 (OK)
Emerg Flag	0x01 (Active)
Priority	0x03 (High)

Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- **Cronograma**
- Presupuesto
- Referencias

Cronograma

Registro de horas de trabajo

Fecha	Nombre	Descripción	Horas dedicadas
2025-03-12	Josué	Investigación sobre tecnologías APRS y cobertura VHF	4
2025-03-14	Natalia	Diseño preliminar del sistema iGate y Tracker	5
2025-04-17	Joham	Modelado de zona de cobertura en el Golfo de Papagayo.	5
2025-04-20	Josué	Pruebas iniciales del módulo TTGO T-Beam	6
2025-04-23	Joham	Diseño del soporte 3D para boya y Tracker	4
2025-04-25	Natalia	Análisis de ubicación óptima para iGates en el golfo	5
2025-04-28	Josué	Integración de botón de emergencia con Tracker	3
2025-05-6	Natalia	Revisión de materiales y componentes del sistema	3
2025-05-7	Joham	Investigación de precios de los componentes	4
		TOTAL a la fecha	43

Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

Presupuesto

Costos estimados del proyecto (Zona de cobertura Golfo de Papagayo)

Concepto	(C) Costo unitario	Unidades	(C) Costo total
Horas Ingeniero	37,700	24	904,800
Módulo Tracker t-beam-axp21p1-v1.2	25,000	1	25,000
Módulo Tracker iGate TTGO T-Beam o Heltec LoRa 32 V2	25,000	3	75,000
Boya flotante	5,000	1	5,000
Botón aprueba de agua	3,000	1	3,000
Cables	1,200	1 m	1,200
Estaño	125	20 g	2,500
Termocontraible	500	1 m	500
Pegamento contra agua	2,000	1	2,000
Batería de Litio 18650	3,000	1	3,000
Estructura diseñada en 3D (para soporte del Tracker)	150	100 g	15,000
Cargador de baterías solar	8,000	1	8,000
Alquiler de lancha para recorrer la zona de cobertura*	10,000	3 días	30,000
TOTAL			1,074,800

*El precio puede variar, sin embargo esta es una tarifa cómoda que normalmente cobraría un pescador local por los viajes cortos, en los que se estaría probando las zonas de cobertura del proyecto.

Contenidos

- Problemática
- A - Diseño de la solución
 - Casos Extremos
 - Producto Final
- B - Componentes
- C - Funcionamiento del Proyecto
 - Diagrama de bloques del sistema
 - Máquina de estados del sistema
- D - Implementación en hardware
- E - Pseudo-Programación
- F - Tramas de datos
- Cronograma
- Presupuesto
- Referencias

- [1] Radioaficionados.mx, “Aprs (automatic packet reporting system),” 2025. [Online]. Available: <https://radioaficionados.mx/aprs-automatic-packet-reporting-system/>.
- [2] R. C. Capitol, “Guía aprs,” 2025. [Online]. Available: <https://www.radioclubcapitol.es/formacion/aprs/guia-aprs>.
- [3] Innovadidactic, *Lora y lorawan con arduinoblocks y esp32*, 2025. [Online]. Available: https://docs.innovadidactic.com/_media/es/lora_y_lorawan_con_arduinoblocks_y_esp32_steamakers.pdf.
- [4] T. y. T. d. C. R. Ministerio de Ciencia, *Decreto n° 44010-micitt*, 2023. [Online]. Available: <https://www.micitt.go.cr>.
- [5] LilyGO, *Ttgo t-beam v1.2 datasheet and documentation*, 2024. [Online]. Available: <https://github.com/Xinyuan-LilyGO/LilyGO-T-Beam>.
- [6] u-blox, *Neo-6/neo-m8 series gnss modules data sheet*, 2024. [Online]. Available: <https://www.u-blox.com/en/product/neo-6-series>.
- [7] S. Corporation, *Sx1276/77/78/79 - lora modem technical datasheet*, 2024. [Online]. Available: <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-transceivers/sx1276>.
- [8] R. Guzman, *Lora_{aprs}tracker*, 2023. [Online]. Available: https://github.com/richonguzman/LoRa_APRS_Tracker.

