



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Despliegue y configuración de plataforma web para
geolocalización y seguimiento de alumnos CIM*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Joaquín Buenaventura Muñoz Hernández

DIRECTORES: Belén Barragáns Martínez

Pablo Sendín Raña

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Despliegue y configuración de plataforma web para
geolocalización y seguimiento de alumnos CIM*

Grado en Ingeniería Mecánica

Intensificación en Tecnología Naval

Infantería de Marina

UniversidadeVigo

RESUMEN

El reciente desarrollo de tecnologías de localización ha impactado también en el ámbito militar, especialmente en la función táctica C2 o Mando y Control, para la conducción y ejecución de operaciones, aunque también cobra gran importancia en el adiestramiento, aportando mayor control y seguridad en los ejercicios.

En este TFG se propone el despliegue y configuración de una plataforma web con el objetivo de geolocalizar y seguir a los alumnos del Cuerpo de Infantería de Marina de la Escuela Naval Militar durante sus ejercicios de adiestramiento semanales realizados a lo largo de la geografía gallega.

Con él se pretende mejorar de manera exponencial la seguridad del alumnado durante la realización de estos ejercicios, así como dotar al profesorado de una herramienta que permita su seguimiento durante los mismos. Además, debe permitir una evaluación rápida, eficaz y sencilla del desempeño del alumno durante el ejercicio.

Para conseguirlo se ha hecho uso de diferentes dispositivos GPS portados por los alumnos durante la ejecución de los ejercicios, y de las aplicaciones de software libre OpenGTS y Traccar para el tratamiento y representación de los datos obtenidos. La plataforma desplegada se ha validado con éxito realizando el seguimiento y evaluación de los alumnos en un ejercicio topográfico.

PALABRAS CLAVE

GPS, Geolocalización, OpenGTS, Traccar, Infantería de Marina

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por estar siempre a mi lado aún en la distancia, por sus consejos y ánimos, y por el apoyo incondicional durante estos cinco años en la Escuela Naval Militar y especialmente, durante este último.

A mis tutores, Belén Barragáns Martínez y Pablo Sendín Raña por su gran ayuda y por servirme de guía desde el comienzo de este trabajo.

A la promoción 422 CGA, y en especial a la 152 CIM, por todos los buenos y no tan buenos momentos vividos juntos a lo largo de estos duros años de escuela.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	7
1 Introducción y objetivos	9
1.1 Motivación	9
1.2 Objetivos del TFG.....	10
1.3 Organización de la memoria	10
2 Estado del arte	11
2.1 Sistemas de geolocalización.....	11
2.2 Tecnologías empleadas	12
2.2.1 Sistemas GNSS (<i>Global Navigation Satellite System</i>)	12
2.2.2 GSM (<i>Global System Mobile</i>)	16
2.2.3 WPS (<i>WiFi Positioning System</i>).....	18
2.2.4 Bluetooth.....	18
2.3 Ámbitos de aplicación.....	19
2.4 Empleo de sistemas de geolocalización en las Fuerzas Armadas	20
2.5 Revisión general de dispositivos de localización.....	22
3 Desarrollo del TFG	25
3.1 Planteamiento del problema específico y prerequisites.....	25
3.2 Diseño de la solución propuesta: ventajas e inconvenientes.....	26
3.2.1 Creación de una red ad-hoc	26
3.2.2 Uso de una red de propósito general ya existente.....	26
3.2.3 Solución propuesta.....	26
3.3 Recursos materiales empleados	27
3.3.1 Recursos hardware	27
3.3.2 Recursos software	29
3.4 Configuración de los dispositivos GPS.....	30
3.4.1 TK905	30
3.4.2 TK102-2.....	35
3.5 Instalación y despliegue de OpenGTS	39
3.5.1 Instalación	39
3.5.2 Despliegue	45
3.6 Instalación y despliegue de Traccar	49

3.6.1 Instalación.....	49
3.6.2 Despliegue	52
3.7 Integración de Traccar con OpenGTS	53
4 Resultados del TFG y validación del sistema	55
4.1 Preparación de la prueba	55
4.2 Desarrollo del ejercicio topográfico.....	58
4.3 Procesado de datos	67
4.3.1 Informes	67
4.3.2 Sistema de Información Geográfica (SIG)	67
5 Conclusiones y líneas futuras	71
5.1 Valoración de los objetivos iniciales	71
5.2 Conclusiones	71
5.3 Líneas futuras	72
6 Bibliografía.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Funcionamiento de sistemas GNSS [10]	13
Figura 2-2 Segmento espacial [11].....	14
Figura 2-3 Segmento de control del sistema GPS [11]	14
Figura 2-4 Ejemplo de receptor GPS [12].....	15
Figura 2-5 Esquema de funcionamiento de la localización basada en GSM [21].....	17
Figura 2-6 Funcionamiento de la Diferencia de Tiempo Observada [21].....	17
Figura 2-7 Localización WPS mediante Indicador de la Intensidad de la Señal Recibida [21].....	18
Figura 2-8 Dispositivo de localización AirTag de Apple [25]	20
Figura 2-9 Navegador GPS de Garmin [27].....	21
Figura 2-10 Equipo Radio MPU5 de Persistent Systems [29]	21
Figura 2-11 Captura de pantalla de la aplicación ATAK.	22
Figura 2-12 Localizador de vehículo TK970 2G [31].....	22
Figura 2-13 Dispositivo de navegación portátil TomTom GO Premium [32]	23
Figura 2-14 Dispositivo de navegación de aviación Garmin [33].....	23
Figura 2-15 Localizador de mascotas invoxia [34]	23
Figura 3-1 Mapa de cobertura en los alrededores Pontevedra [31].....	27
Figura 3-2 TKSTAR TK905 [38].....	28
Figura 3-3 Xexun TK102-2 [34]	28
Figura 3-4 Configuración inicial del dispositivo TK905	31
Figura 3-5 Configuración de la APP para el dispositivo TK905	32
Figura 3-6 Inicio de sesión en WINNES GPS	32
Figura 3-7 Página inicial de WINNES GPS.....	33
Figura 3-8 Ubicación en tiempo real de WINNES GPS	33
Figura 3-9 Historial de ubicaciones en WINNES GPS	34
Figura 3-10 Alarmas en WINNES GPS	34
Figura 3-11 Configuración de la IP en el dispositivo TK905	35
Figura 3-12 Configuración inicial del dispositivo TK102-2	35
Figura 3-13 Configuración de la APP en el dispositivo TK102-2	36
Figura 3-14 Inicio de sesión en DAGPS	36
Figura 3-15 Página inicial de DAGPS	37
Figura 3-16 Mensaje de alarma SOS del dispositivo TK102-2.....	37
Figura 3-17 Ejemplo de trayectoria mostrada en DAGPS	38
Figura 3-18 Configuración de la IP del dispositivo TK102-2.....	38

Figura 3-19 Selección del producto a configurar	40
Figura 3-20 Selección de la versión del programa	41
Figura 3-21 Aceptar y salir.....	41
Figura 3-22 Establecer la contraseña.....	41
Figura 3-23 Repetir la contraseña.....	42
Figura 3-24 Archivo config.conf.....	43
Figura 3-25 Página de inicio de sesión OpenGTS	44
Figura 3-26 Menú principal de OpenGTS.....	44
Figura 3-27 Parámetros del dispositivo en el terminal OpenGTS.....	46
Figura 3-28 Acceso a Admón. Vehículos OpenGTS	47
Figura 3-29 Creación de nuevo dispositivo en la interfaz web de OpenGTS	47
Figura 3-30 Parámetros del dispositivo vistos desde la interfaz web de OpenGTS.....	48
Figura 3-31 Mapa tras finalizar la configuración de los dispositivos en OpenGTS	49
Figura 3-32 Listado de bases de datos.....	50
Figura 3-33 Página de inicio de sesión en Traccar.....	51
Figura 3-34 Página principal de Traccar	51
Figura 3-35 Parámetros del dispositivo en Traccar.....	52
Figura 3-36 Mapa tras haber realizado la configuración de los dispositivos en Traccar	52
Figura 4-1 Recorridos topográficos de los alumnos.....	55
Figura 4-2 Calculadora Geodésica del IGN	56
Figura 4-3 Geozonas de los puntos topográficos de los recorridos.....	57
Figura 4-4 Dispositivos con los nombres de los alumnos	57
Figura 4-5 Dispositivos agrupados por cursos	58
Figura 4-6 Ubicación de los dispositivos tras encendido	58
Figura 4-7 Posición de los alumnos durante el traslado a la zona de ejercicios.....	59
Figura 4-8 Ruta de uno de los alumnos durante el traslado a la zona de ejercicios	59
Figura 4-9 Llegada al punto inicial del dispositivo TK905 (Pedrero1)	60
Figura 4-10 Llegada al punto inicial del dispositivo TK102-2_1 (Pedrero2)	60
Figura 4-11 Llegada al punto inicial del dispositivo TK102-2_2 (Puente).....	61
Figura 4-12 Informe del punto inicial del dispositivo TK905 (Pedrero1)	61
Figura 4-13 Informe del punto inicial del dispositivo TK102-2_1 (Pedrero2)	62
Figura 4-14 Informe del punto inicial del dispositivo TK102-2_2 (Puente).....	62
Figura 4-15 Punto E5 del dispositivo TK102-2_1 (Pedrero2)	63
Figura 4-16 Punto V1 del dispositivo TK102-2_1 (Pedrero2).....	63
Figura 4-17 Informe del punto V1 del dispositivo TK102-2_2 (Pedrero2)	64
Figura 4-18 Punto L4 del dispositivo TK102-2_2 (Puente).....	64

Figura 4-19 Informe del punto L4 del dispositivo TK102-2_2 (Puente)	65
Figura 4-20 Informe donde se refleja la pulsación del botón SOS	65
Figura 4-21 Recorrido total del dispositivo TK905 (Pedrero1)	66
Figura 4-22 Recorrido parcial del dispositivo TK102-2_1 (Pedrero2)	66
Figura 4-23 Recorrido parcial del dispositivo TK102-2_2 (Puente).....	67
Figura 4-24 Archivo XML con las posiciones GPS	68
Figura 4-25 Guardar archivo GPX	68
Figura 4-26 Ruta del alumno junto con los puntos en Iberpix	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Características de los dispositivos GPS utilizados.....	28
Tabla 3-2 Leds de estado del dispositivo TK905	30

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Motivación

La localización de personas y objetos está cada vez más en auge. Es bien sabido que esto ha interesado al ser humano desde sus orígenes, pero ha sido en los últimos años cuando estas tecnologías han sufrido un gran salto cualitativo debido a la gran inversión y el consecuente desarrollo que se ha producido en las mismas.

Esta evolución en la localización de personal y material ha supuesto un gran avance, principalmente en aspectos como el control y la seguridad, y esto, a su vez, ha derivado de manera directa en una mejor organización y una mayor eficiencia.

De igual manera que esto ha tenido un gran impacto en la sociedad civil también lo ha tenido en el ámbito militar, especialmente dentro de la función táctica Mando y Control.

El Mando y Control o C2 es una de las capacidades más críticas e importantes del combate. Se define como el conjunto de actividades mediante las cuales se planea, prepara, conduce, ejecuta y valora el empleo de la fuerza y de los medios en las operaciones. En las fases de conducción y ejecución, el uso de los sistemas de geolocalización ayuda al mando a obtener en tiempo real información sobre la localización de sus unidades subordinadas, lo cual permite la toma rápida de decisiones con la mayor cantidad de información disponible. Esto resulta crucial a la hora de conseguir el éxito en una misión. De igual manera cobra gran importancia en el adiestramiento aportando mayor control y seguridad.

Además de su aplicación en el Mando y Control, la localización cobra especial importancia en la función táctica Apoyo Logístico. Esta función es fundamental, ya que es la base que permite el sostenimiento en el tiempo del resto de ellas. Por eso la localización de aprovisionamiento y repuestos hace que se facilite el control de estos, lo que se traduce en una mayor eficacia y rapidez en la cadena desde que estos son solicitados hasta que llegan al usuario final, permitiendo así una gran ventaja en combate.

Dentro del ámbito del adiestramiento y encuadrados dentro de los ejercicios recogidos en la programación anual de Prácticas de Campo, los alumnos del Cuerpo de Infantería de Marina de la Escuela Naval Militar realizan ejercicios de adiestramiento semanales en diferentes localizaciones de la orografía gallega.

Debido al limitado número de profesores, los medios disponibles, así como la gran cantidad de alumnos y al extenso despliegue geográfico que estos pueden llegar a abarcar, en numerosas ocasiones resulta imposible para los profesores el tener localizados a los alumnos en todo momento. Además de estas consideraciones, este tipo de ejercicios pueden llegar a comprometer la seguridad de los alumnos,

ya que en numerosas ocasiones tienen lugar en terrenos escarpados y bajo condiciones meteorológicas adversas.

Este problema cobra especial importancia en la realización de ejercicios topográficos. Estos se realizan de manera individual, a diferencia de los ejercicios tácticos, en los cuales los alumnos se encuentran agrupados. Para llevar a cabo este tipo de ejercicios, cada alumno dispone de un plano y una brújula, que debe usar para localizar y llegar a un número determinado de puntos topográficos, los cuales suelen coincidir con accidentes geográficos del terreno.

Por la ya mencionada individualidad de estos ejercicios, estos implican tener a cada alumno en un lugar diferente, y teniendo en cuenta que en la actualidad en la Escuela Naval Militar se forman cerca de 65 futuros oficiales del Cuerpo de Infantería de Marina, resulta imposible mantener la seguridad de todos ellos en estos ejercicios.

1.2 Objetivos del TFG

El objetivo del presente TFG es el despliegue y la configuración de un sistema que, durante la ejecución de los recorridos topográficos realizados por los alumnos del Cuerpo de Infantería de Marina de la Escuela Naval Militar, permita al profesorado el seguimiento de los recorridos que realizan los alumnos, y a estos enviar una señal de alerta con su posición en caso de emergencia. De igual modo, este sistema ha de permitir, una vez finalizado el ejercicio, la posibilidad de revisión de los recorridos por parte del profesorado para la evaluación de estos. Además, se plantean los siguientes objetivos secundarios:

- Prueba y comparación de las prestaciones de diferentes dispositivos GPS con el fin de determinar cuál tiene las características más idóneas para el trabajo.
- Seguimiento y visualización simultánea de diferentes dispositivos en una misma plataforma.
- Llevar a cabo diferentes pruebas que permitan la validación del sistema y la comprobación de que cumple con los requisitos.

1.3 Organización de la memoria

La presente memoria se organiza en seis capítulos. Comienza con el presente capítulo en el que se expone la motivación que ha llevado a la realización del trabajo, así como los objetivos que se pretenden alcanzar en el mismo.

Continúa con el capítulo 2, correspondiente al Estado del Arte. En él se hace primeramente un repaso sobre la historia y evolución de los sistemas de localización hasta la actualidad para posteriormente pasar a hablar del estado actual de desarrollo de las diferentes tecnologías que se van a emplear para el desarrollo del trabajo.

A lo largo de los capítulos 3 y 4, la parte central de esta memoria, se explican de manera detallada los pasos seguidos para la realización del TFG. Partiendo de la configuración inicial de los dispositivos usados y la instalación de las aplicaciones necesarias, hasta la integración de ambos para un correcto funcionamiento del conjunto. Posteriormente se pasa a describir las pruebas realizadas para la validación y comprobación del correcto funcionamiento del sistema.

Para finalizar, en el capítulo 5 se recogen todas las conclusiones que se han extraído del desarrollo del TFG, así como de las pruebas llevadas a cabo. Además, se proponen una serie de líneas de trabajo futuras con el objetivo de continuar con el desarrollo del sistema propuesto.

2 ESTADO DEL ARTE

Comenzaremos este capítulo definiendo qué se entiende por sistemas de geolocalización, así como su uso y evolución a lo largo de la historia. Además, se hará una breve descripción de los sistemas de geolocalización más usados en la actualidad y del uso que se le da a los mismos. De igual manera se darán a conocer los diferentes dispositivos en uso hoy en día en nuestras Fuerzas Armadas y el desempeño de estos mismos. Por último, se hará un repaso de manera general de diferentes tipos de dispositivos de localización disponibles hoy en día en el mercado.

2.1 Sistemas de geolocalización

La RAE define geolocalizar como *“Determinar la ubicación geográfica de alguien o de algo valiéndose de medios técnicos avanzados, como el GPS”* [1]. Pero esto no es nada nuevo, la geolocalización ha sido algo que el hombre siempre ha usado desde el principio de su historia. En sus inicios usaba los accidentes geográficos del terreno o diferentes elementos de su alrededor para situarse y poder moverse por su entorno sin perderse, algo que seguimos usando en la actualidad de manera inconsciente y a diario para cosas tan simples como desplazarnos por la ciudad.

Fue evolucionando y surgieron nuevas necesidades debido principalmente a la proliferación de la navegación marítima. Por ello se empezaron a usar referencias costeras, así como la posición de algunos astros (el Sol por el día y la Estrella Polar durante la noche) [2], y los faros, debido a que inicialmente se trataba de una navegación costera o en pequeños mares. La evolución y la creciente importancia de la navegación marítima llevaron a la aparición de instrumentos como el astrolabio, el cuadrante y la ballestilla, que poco a poco fueron evolucionando hasta la aparición del sextante a mediados del siglo XVIII [3], instrumento que permite medir la separación angular entre dos objetos (un cuerpo celeste y el horizonte) para posteriormente, mediante trigonometría esférica y el uso de un almanaque náutico, obtener una posición.

El sextante sería el método utilizado hasta la Segunda Guerra Mundial, en la cual surgiría la necesidad militar de que los aviones bombarderos británicos pudieran orientarse para alcanzar sus objetivos durante operaciones nocturnas o en días nublados. De esta manera se comenzaría en el año 1940 el estudio de un sistema de localización basado en la triangulación con estaciones radar situadas a la mayor distancia posible entre ellas. Esto era posible debido a que en aquella época ya eran bien conocidos y habían sido estudiados los principios y el funcionamiento de los radares, los cuales ya estaban siendo empleados en aquellos años para obtener la demora y la distancia de aviones en vuelo. Debido al éxito de este sistema, en numerosas operaciones surgirían nuevos proyectos basados en las ondas radioeléctricas, destacando entre todos ellos el sistema LORAN estadounidense.

El sistema LORAN [4] se basaba en la navegación hiperbólica [5] para obtener la posición de una nave gracias a un receptor a bordo y el uso de varias estaciones en tierra, midiendo el tiempo que tardan las ondas en viajar de un aparato al otro. Dicho sistema tuvo numerosas variantes (A y C principalmente) y el gobierno de EE.UU. lo mantuvo activo hasta el año 2010, año en el cual dejó de estar operativo debido a su decreciente uso a raíz de la aparición de nuevos sistemas de navegación.

Después de este sistema, la tecnología siguió evolucionando y en el año 1957 la entonces Unión Soviética pondría en órbita el primer satélite artificial, el Sputnik I. Las señales emitidas por el satélite se usaban para fijar su posición y su órbita y alguien pensó que eso podría ser usado de una manera recíproca, es decir, conseguir definir la posición de un receptor en la superficie terrestre mediante el uso de las señales del satélite. De esta manera se iniciarían numerosos estudios y trabajos para conseguir un sistema funcional, la mayoría de ellos en los EE.UU. De uno de estos estudios, realizados por la Universidad John Hopkins, nacería el sistema TRANSIT [6]. Este sistema es considerado el primer sistema de navegación por satélite, pero tenía capacidades muy limitadas debido a que funcionaba con cuatro o seis satélites, además solo conseguía determinar la ubicación en el plano, ni en altura ni en distancia.

En 1968 se crearía en EE.UU. el NAVSEG (*Navigation Satellite Executive Committee*) con el objetivo de aunar todas las iniciativas y proyectos en este ámbito. De él nacería el concepto del sistema NAVSTAR-GPS [7] (*Navigation System Timing and Ranging-Global Position System*), inicio del actual sistema GPS (*Global Positioning System*). Tras el éxito de estos sistemas en el ámbito militar, para el que fueron concebidos, estos darían el salto al mundo civil, dando lugar a su vez a nuevas investigaciones de las que resultarían nuevas tecnologías de geoposicionamiento.

2.2 Tecnologías empleadas

A raíz de las ya mencionadas apariciones de los primeros sistemas de geolocalización han surgido numerosas tecnologías que en la actualidad permiten el geoposicionamiento. A continuación, se hace un repaso de las más utilizadas hoy en día.

2.2.1 Sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

Se denominan sistemas GNSS [8] a los Sistemas de Navegación por Satélite que son capaces de proporcionarnos un posicionamiento geoespacial en la superficie terrestre. Estos sistemas de posicionamiento por satélite son hoy en día los sistemas más usados de manera global para el geoposicionamiento, además también son los que cuentan con mayor cobertura a lo largo de la superficie terrestre debido a las diferentes constelaciones de satélites que tienen desplegadas numerosos países.

2.2.1.1 Funcionamiento

Su funcionamiento se basa en la radionavegación [9]: se determina la posición de un punto de la superficie terrestre mediante el uso de una señal de radio empleada para medir la distancia a tres satélites. Sin embargo, tres satélites no son suficientes debido a que se necesita otro para determinar la posición tridimensional, necesitando por tanto un total de cuatro satélites para conseguir determinar la posición tridimensional de un objeto, como se muestra en la Figura 2-1.

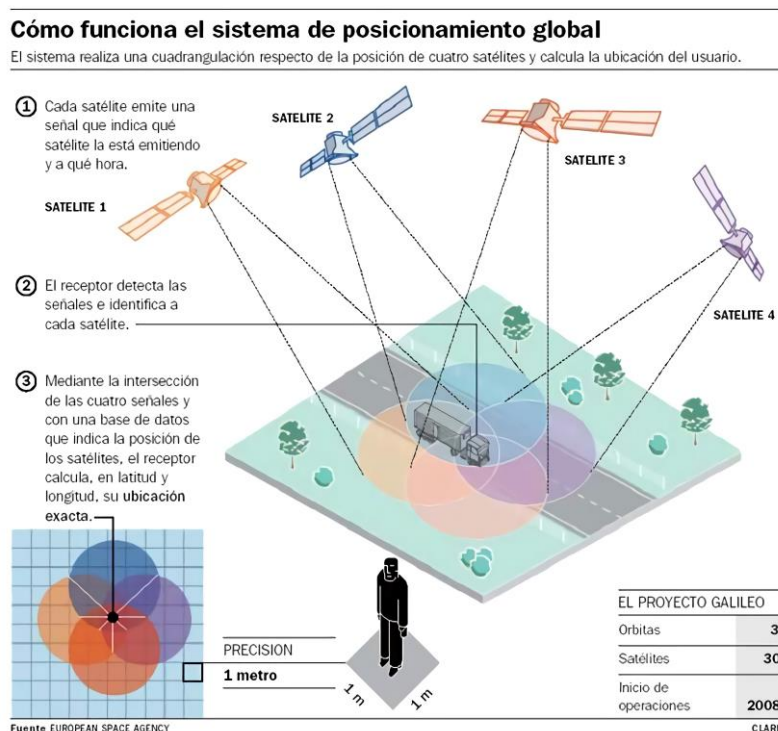


Figura 2-1 Funcionamiento de sistemas GNSS [10]

Esto se consigue gracias a que la posición de estos satélites es conocida, así como a la alta precisión de los relojes atómicos, aspecto más importante de este tipo de sistemas debido a que las señales que emiten viajan a la velocidad de la luz y un pequeño error en la medida de ese tiempo puede suponer un error de kilómetros en la posición. Los receptores, a diferencia de los satélites, suelen usar relojes de cuarzo que, aunque tienen una precisión menor que los atómicos, son sustancialmente más económicos.

Como se ha dicho anteriormente, el funcionamiento de este sistema se basa en la utilización de señales radio para obtener la posición. Para ello es necesario que los receptores reciban las señales de los satélites con la información de la posición de estos, así como el tiempo exacto en el que fue emitida la señal. Los receptores al recibirla comparan el tiempo en el que reciben la emisión con la información que contiene la señal del tiempo en el que fue emitida, obteniendo así la diferencia de tiempo y, por tanto, su distancia al satélite emisor.

A pesar de la gran precisión de los relojes usados, en estos sistemas también se producen fallos, que se deben principalmente a la propagación de las señales, las cuales deben atravesar la atmósfera terrestre viajando a una velocidad menor a la que viajarían en el vacío, creando un pequeño retardo. Esto se consigue solucionar mediante modelos matemáticos y el uso de dos frecuencias en las ondas portadoras que transmiten las señales de los satélites.

Estos sistemas están compuestos por varios segmentos, los cuales permiten la manipulación, control y mantenimiento de los sistemas. Además, revisan el estado de los satélites y vigilan todas las transmisiones emitidas por las constelaciones satelitales. Dichos segmentos son: segmento espacial, segmento de control y segmento de usuario.

Segmento espacial

Lo compone la constelación de satélites que se ha nombrado anteriormente, y que suele estar formada por entre 24 y 27 satélites que están ubicados en diferentes planos orbitales (como se observa en la Figura 2-2) con el objetivo de que los receptores en la superficie terrestre reciban señal de al menos 4 de ellos. Dependiendo del sistema, estos satélites se encontrarán en una órbita geoestacionaria (35848 km de altura), órbita media (entre 19180 y 28000 km) u órbita baja (800 km).

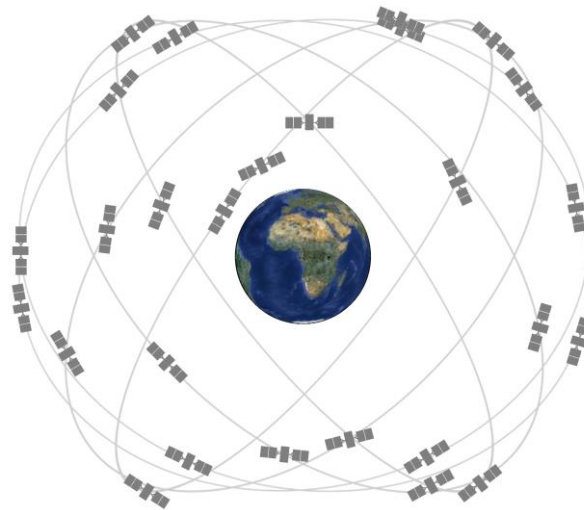


Figura 2-2 Segmento espacial [11]

Segmento de control

Consiste en una red de instalaciones terrestres, repartidas a lo largo de toda la superficie de la Tierra, que monitorizan las transmisiones y controlan el flujo de datos y comandos a la constelación (Figura 2-3). Este sistema de control suele constar de una estación de control maestra, una estación de control alternativa y varias antenas de comando y control. Desde ellas se obtiene la información de los satélites y se corrigen las órbitas.

GPS Control Segment

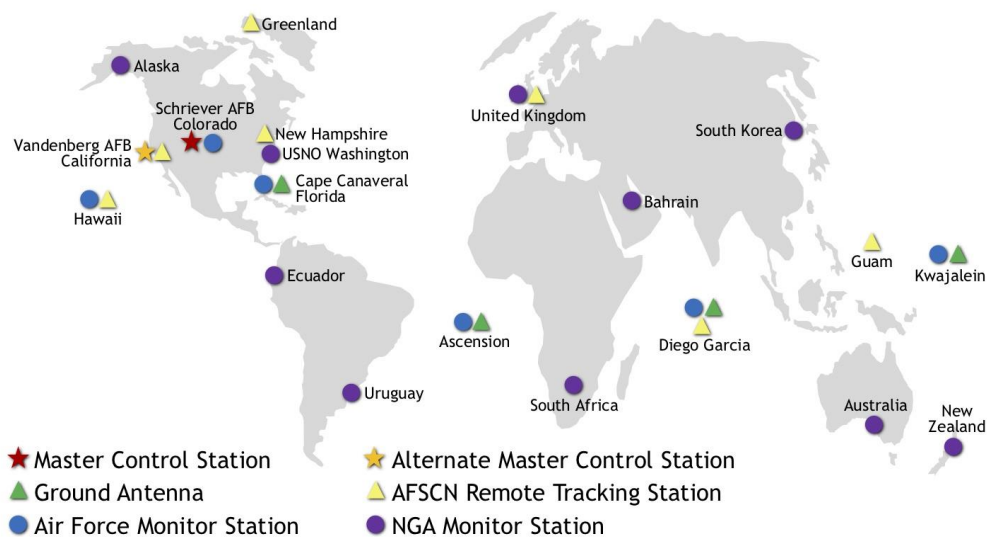


Figura 2-3 Segmento de control del sistema GPS [11]

Segmento de usuario

Está compuesto por todos los equipos o receptores (Figura 2-4) que detectan, decodifican y son capaces de procesar las señales que reciben de los satélites y así calcular la posición tridimensional del dispositivo y la hora precisa. Estos equipos pueden ser portátiles, se pueden llevar encima y son de un tamaño relativamente pequeño (móviles, tabletas, GPS de mano, etc.) o fijos, instalados en algún tipo de vehículo (automóviles, embarcaciones, aviones, etc.).



Figura 2-4 Ejemplo de receptor GPS [12]

2.2.1.2 Sistemas desplegados

En la actualidad numerosos países cuentan con sistemas GNSS desplegados, tanto para uso militar como civil. Algunos de los más importantes se nombran a continuación.

GPS (*Global Positioning System*)

Este sistema estadounidense [11] fue el pionero en posicionamiento satelital, creado bajo un pretexto militar, se lanzó su primer satélite en el año 1978 y en la actualidad cuenta con 24 satélites operativos, gracias a los cuales consigue una cobertura global.

Hoy en día y debido a sus orígenes sigue teniendo dos usos diferenciados: el militar, que da servicio a EE.UU. y a sus países aliados, y el civil, que es de acceso libre y proporciona ubicación a cualquier usuario, aunque no cuenta con todas las funciones de las que sí dispone el uso militar.

GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*)

Nace en los años 70 en la Unión Soviética en respuesta al desarrollo del sistema GPS por parte de los EE.UU. [13], por lo que es considerado como su principal sistema competidor. Su primer satélite se puso en órbita en el año 1982, y actualmente cuenta con 24 situados en tres planos orbitales con 8 satélites cada uno, 3 más de respaldo, 2 de mantenimiento y uno en pruebas. Gracias a esto consigue una cobertura continua y global garantizando la visibilidad de mínimo 8 satélites en cualquier parte del mundo.

GALILEO

Sistema de geoposicionamiento por satélite todavía en desarrollo dirigido por la Unión Europea junto con la Agencia Espacial Europea [14]. Sus orígenes se remontan a los años 90 tras un acuerdo entre diversos países de la Unión Europea. Su desarrollo comenzaría oficialmente en el año 2004 y un año después se lanzaría el primer satélite de pruebas. Actualmente todavía no ha alcanzado su grado final de desarrollo y cuenta con 28 satélites en órbita [15], de los cuales 22 se encuentran operativos, 4 fuera de servicio y 2 en pruebas. Su principal diferencia con otros sistemas de geoposicionamiento por satélite se basa en que promete ofrecer una mayor exactitud a los usuarios. Esto es debido a que, a diferencia de la mayoría de estos sistemas, GALILEO se desarrolla bajo un ámbito civil, permitiendo así esta mayor precisión a todos los usuarios y no restringiéndola a actividades militares como sí pasa con el GPS o el GLONASS.

BEIDOU

Desarrollado por la República Popular de China desde el año 2000, convirtió a China en el tercer país del mundo en contar con un sistema de geoposicionamiento por satélite propio tras Rusia y EE.UU. Desde entonces ha ido creciendo en tres grandes fases [16]:

- BEIDOU-1: contaba tan solo con tres satélites por lo que daba cobertura a China y zonas cercanas considerándose un sistema de geoposicionamiento regional.
- BEIDOU-2: añade 10 satélites más a la constelación aumentando la cobertura del sistema hacia Asia y algunas zonas de Océano Pacífico.
- BEIDOU-3: se inicia en el 2015 hasta la actualidad y alcanza la cifra de 30 satélites en órbita, consiguiendo así que el sistema tenga una cobertura global. Está previsto que se lancen otros 5 satélites.

Como contrapartida de este sistema tenemos que, a pesar de tener un mayor ancho de banda, el segmento usuario cuenta con dimensiones sensiblemente mayores que sus competidores directos, esto es debido a que el sistema usa un proceso de transmisión bidireccional, haciendo necesario que el dispositivo tenga que transmitir también una señal a los satélites [17].

IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*)

Sistema de navegación por satélite regional desarrollado por India, nace en el año 2013 y da cobertura a usuarios en India y 1500 km alrededor de su territorio [18]. Actualmente cuenta con una constelación compuesta por 8 satélites y, al igual que la mayoría de estos sistemas, proporciona dos tipos de servicios: *Standard Positioning Service* (SPS) para todos los usuarios y *Restricted Service* (RS), servicio encriptado disponible solo para usuarios autorizados (principalmente militares y organizaciones gubernamentales).

QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*)

Sistema de navegación por satélite Cuasicenital desarrollado por Japón [19]. El inicio de este proyecto fue aprobado en el año 2002 e inició su desarrollo la empresa *Advanced Space Business Corporation*. Su primer satélite se lanzaría en el año 2010 a cargo de la Agencia Espacial de Japón y actualmente cuenta con 5 satélites en órbita con 4 operativos y uno en pruebas, con ellos consigue una cobertura de Japón y sus zonas adyacentes. Este sistema se encuentra todavía en vías de desarrollo.

2.2.2 GSM (*Global System Mobile*)

Hace uso de la red GSM para obtener la ubicación de un equipo. Esta red se usa para la transmisión móvil de voz y datos [20], siendo la tecnología móvil digital más utilizada en todo el mundo y estando disponible casi en la totalidad de los teléfonos móviles.

El funcionamiento del sistema se basa en el principio de que un módulo GSM siempre se comunica con la estación base más cercana y cambia a medida que se mueve entre estas estaciones. Por lo que si el dispositivo que contiene el módulo es capaz de leer los datos de la estación base (ID de celda, MCC, MNC, LAC), como se muestra en la Figura 2-5, estos datos podrán ser verificados con el directorio de bases para obtener su ubicación [21].

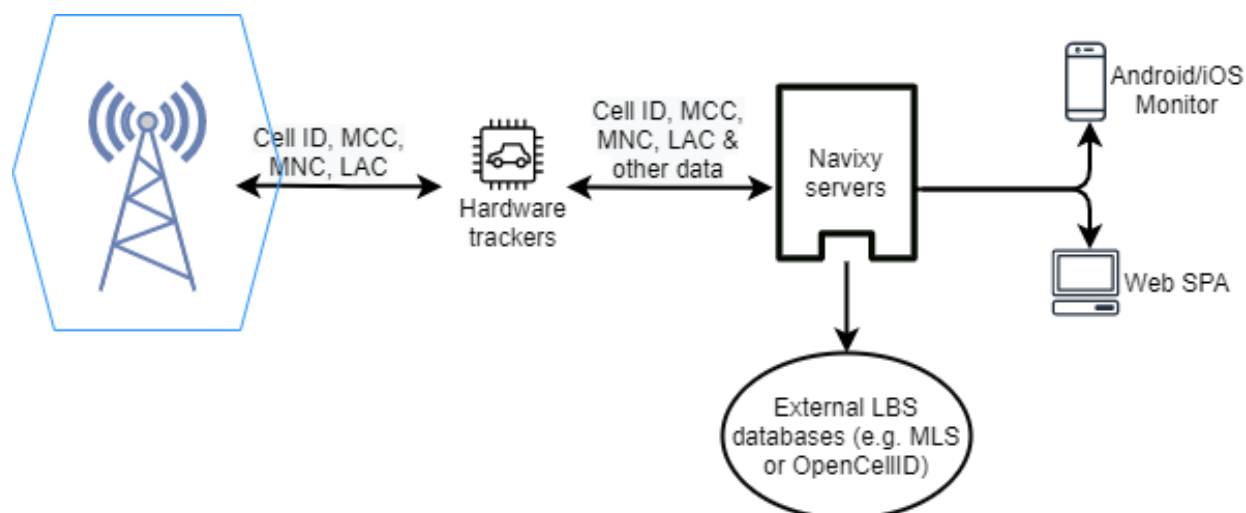


Figura 2-5 Esquema de funcionamiento de la localización basada en GSM [21]

Para la localización GSM se pueden emplear diferentes métodos. Los más usados son:

- Célula de origen (*Cell of Origin*): es el mayormente usado debido a que es el más económico y sencillo y a que no requiere de ninguna modificación en el dispositivo. Con este método se muestra la ubicación de la estación base y no la del dispositivo, por lo que si varios dispositivos están conectados a una misma estación se mostrará la misma ubicación para ambos. Su precisión dependerá de la densidad de las torres GSM, variando desde los 50-100 m en las ciudades hasta los varios kilómetros que podemos encontrar en pueblos.
- Diferencia de Tiempo Observada (*Enhanced-Observed Timed Difference*): método más costoso y complicado de ejecutar debido a la necesidad de modificar los equipos. Se basa en la medición y comparación del tiempo de vuelo de la señal desde varias estaciones base al dispositivo, utilizándose estos tiempos junto con las posiciones conocidas de las bases para triangular la posición como se refleja en la Figura 2-6.

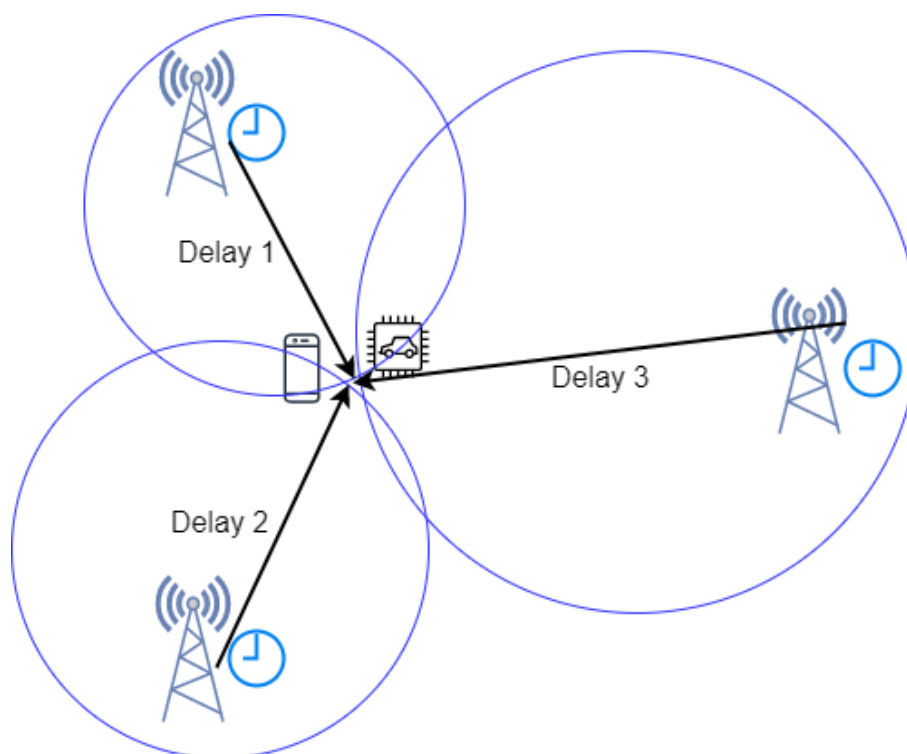


Figura 2-6 Funcionamiento de la Diferencia de Tiempo Observada [21]

2.2.3 WPS (WiFi Positioning System)

Este sistema trabaja con las direcciones únicas de las redes WiFi [22], las BSSID (*Basic Service Set Identifier*), que son escaneadas periódicamente por diferentes proveedores para construir diferentes bases de datos a nivel mundial que contienen la ubicación exacta de los routers. Partiendo de esta base surgen diferentes métodos:

- Indicador de la Intensidad de la Señal Recibida (*Received Signal Strength Indicator*): el dispositivo conoce la intensidad de la señal recibida de diversos puntos de acceso y procesa estos datos para crear un modelo matemático de propagación de ondas y así conocer la distancia a cada punto. Estos datos también pueden ser transferidos a otros servicios para su procesamiento como vemos en la Figura 2-7. Con estas distancias y la posición conocida de los routers se obtiene la localización del dispositivo.

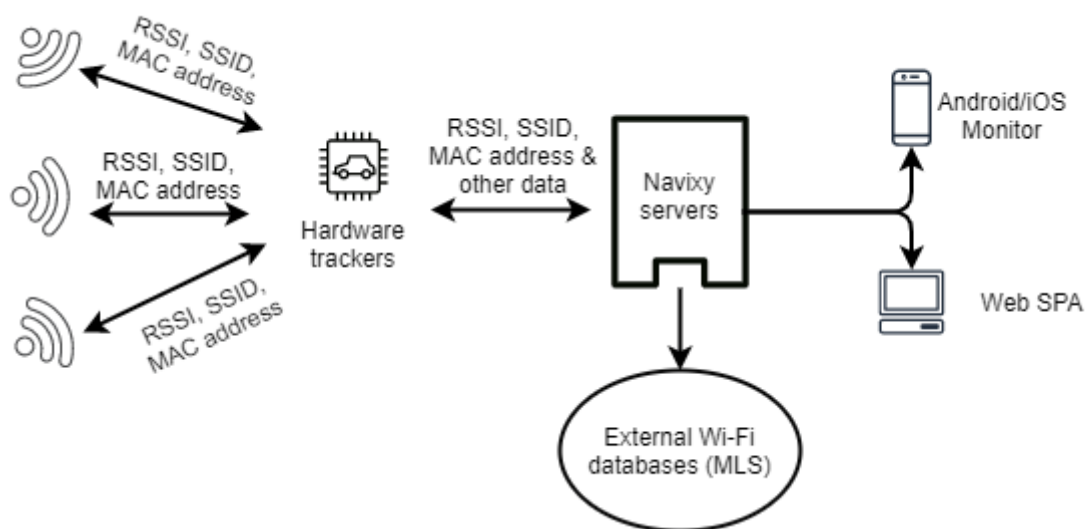


Figura 2-7 Localización WPS mediante Indicador de la Intensidad de la Señal Recibida [21]

- Fingerprinting: surge a partir del método anterior y añade el almacenamiento de la información en una base de datos junto con las coordenadas que ya son conocidas. De esta manera, al volver a visitar la misma ubicación, el objeto proporcionará el mismo *fingerprinting*, lo que permitirá al sistema asociarlo con la ubicación previamente almacenada. Su precisión es bastante alta (1.3-2 metros), pero su implementación es complicada debido a la necesidad de almacenamiento de datos y a la gran sensibilidad a los cambios en el entorno.
- Time of Flight: es el método más sencillo ya que determina la ubicación del dispositivo a partir de las marcas temporales registradas a la hora de transmitir los paquetes de datos. Además, este método resulta bastante eficaz debido a que las ondas de radiofrecuencia viajan a una velocidad cercana a la de la luz, que permanece prácticamente constante en ambientes interiores, por lo que el tiempo de llegada no se ve casi afectado.

Estos sistemas funcionan de manera óptima tanto en ciudades como en entornos urbanos [22], donde encontramos una gran densidad de redes WiFi. Cobra especial sentido en ciudades con edificios de gran altura en las que otros sistemas como el GPS tienen dificultades de funcionamiento, además el consumo de batería del dispositivo también está por debajo de estos otros sistemas.

2.2.4 Bluetooth

El *Bluetooth* se usa de manera única en la localización en interiores debido a su alcance máximo de 100 metros (Tipo 1), mientras que el más usado actualmente en dispositivos móviles (Tipo 3) apenas

alcanza los 10 metros en condiciones óptimas [23]. Su funcionamiento se basa en el principio de la intensidad de la señal recibida, de manera similar a lo explicado anteriormente con el WPS, para ello usa una señal ente los 2.402 GHz y los 2.480 GHz.

La principal ventaja de este sistema frente al basado en WiFi con el mismo funcionamiento es la existencia del denominado *Bluetooth Low Energy (BLE)*, el cual nos permite conseguir las mismas funcionalidades, pero con un consumo energético muy reducido.

2.3 Ámbitos de aplicación

En los últimos años la rápida evolución de la tecnología y los dispositivos móviles se ha visto acompañada de un gran auge en el uso de los servicios de geolocalización. Algunos de los ámbitos en los que su uso cobra una mayor importancia son [24]:

Agricultura

El desarrollo de los sistemas de geolocalización ha hecho posible el desarrollo de la denominada “agricultura de precisión”. Esto permite superponer los datos obtenidos en tiempo real y la información del posicionamiento, lo que resulta en un análisis y manejo más eficiente de los datos geoespaciales. El geoposicionamiento también permite a los agricultores trabajar en condiciones de baja visibilidad como niebla o polvo.

Este tipo de agricultura está cambiando la manera de percibir la tierra, ya que se ha pasado de tratar a todos los campos igual a la micro gestión, derivando en un mayor rendimiento.

Aviación

En este ámbito cobra una especial importancia debido a la precisión, continuidad y gran cobertura de estos sistemas, lo que se traduce en una mayor seguridad en todas las fases del vuelo, desde el despegue, el propio vuelo en sí, y el posterior aterrizaje, incluyendo el movimiento en tierra.

Carreteras y autopistas

La rápida disponibilidad y la precisión de estos sistemas ha llevado a una mayor eficiencia y seguridad para los vehículos alrededor de todo el mundo, ya que proporcionan la localización y la orientación automática de los vehículos. Combinando esto junto con los sistemas de información geográfica también permite a los usuarios una manera más rápida de llegar a su destino.

Cronometría

Como se ha mencionado anteriormente, los sistemas de posicionamiento global y especialmente los sistemas GNSS, además de la posición son capaces de proporcionarnos tiempo, mediante datos horarios de gran precisión y gracias al uso de los relojes atómicos. Estos permiten determinar la hora con una precisión que alcanza las cien mil millonésimas de segundo, sin la necesidad de poseer físicamente este tipo de relojes. La precisión en la sincronización de la hora es hoy en día algo fundamental para las actividades económicas alrededor del mundo, incluyendo los sistemas de comunicación, las redes de distribución eléctrica y las redes financieras.

Navegación marítima

Las operaciones marítimas se sirven de estos sistemas para navegar de una manera más rápida y precisa. Esto es importante ya que proporciona a los buques mayor seguridad, tanto en alta mar, como en el interior de los puertos, así como en vías de tráfico denso.

Además, actualmente este tipo de sistemas también están siendo usados para la topografía submarina, colocación de boyas y la localización de peligros para la navegación.

Geolocalización de personas, animales y objetos

Con la aparición de nuevos sistemas, más pequeños y económicos, se ha producido un gran auge en este ámbito. Acostumbrados a ver este tipo de dispositivos casi únicamente en las pulseras telemáticas para la localización de presos, hoy en día encontramos gran variedad de dispositivos para la localización: desde collares para animales, pasando por colgantes, pulseras o relojes para niños y ancianos, hasta pequeños dispositivos, como el mostrado en la Figura 2-8, para la localización de objetos.



Figura 2-8 Dispositivo de localización AirTag de Apple [25]

Laboral

Los sistemas de localización han favorecido la mejora de la productividad, seguimiento y seguridad de las empresas [26]. Uno de los sectores más beneficiado por estas tecnologías ha sido el del transporte, siendo sus empresas las que más aplican estos sistemas. Algunas de las acciones que las compañías pueden realizar gracias a esta tecnología son:

- Beaconing: el usuario recibe mediante Bluetooth notificaciones y alertas de diferentes tiendas con el objetivo de llamar su atención.
- Envío de notificaciones por geolocalización: se aprovecha de la geolocalización para segmentar las notificaciones enviadas a los usuarios en base a su posición y de esta manera poder ofrecer notificaciones mucho más personalizadas.
- Localización de pedidos: permite a los clientes conocer el lugar y parte del proceso en la que se encuentra su compra. Suele ser muy valorado por parte de los compradores.
- Localización de vehículos y flotas: aporta a las empresas una mejor gestión de estos además de una mayor seguridad a los conductores al estar localizados en caso de accidente.
- Optimización de la estrategia de marketing: la geolocalización de los clientes aporta a las empresas datos de gran importancia que, en muchas ocasiones, son la base del trabajo para sus departamentos de marketing.

2.4 Empleo de sistemas de geolocalización en las Fuerzas Armadas

En la actualidad, y al igual que en la sociedad civil, en las Fuerzas Armadas también ha tenido un gran impacto la evolución de los sistemas de geolocalización. Estos sistemas, además de por su evidente ayuda al movimiento de las tropas, cobran especial importancia debido a que se han convertido en una herramienta indispensable para el mando.

Dentro de las Fuerzas Armadas los sistemas de geolocalización utilizados hacen uso casi en exclusiva de los sistemas GNSS, en concreto del GPS y del GALILEO. Algunos de los dispositivos más usados son:

- Navegadores portátiles: de uso extendido en gran número de unidades y entre los miembros de las Fuerzas Armadas, abarcan desde pequeños receptores (Figura 2-9) hasta relojes de muñeca. Su principal uso es la navegación terrestre.



Figura 2-9 Navegador GPS de Garmin [27]

- Radios personales: algunos de los modelos en uso en Infantería de Marina como la HARRIS RF-7800S [28] tienen GPS incorporado con informe automático de posición, lo que permite tener ubicadas a todas las radios de la red. En los últimos años, además, se ha incorporado el equipo radio MPU5 (Figura 2-10) en unidades como el Mando de Operaciones Especiales (MOE) del Ejército de Tierra. Esta radio también cuenta con GPS integrado, además de una conexión mejorada y con capacidad de actualizar la posición cada segundo.



Figura 2-10 Equipo Radio MPU5 de Persistent Systems [29]

- Dispositivos móviles: se trata de dispositivos, en su mayoría de uso comercial, en los que se instalan aplicaciones para facilitar el Mando y Control. Estas muestran de manera gráfica a los operadores y al mando la situación táctica en tiempo real, como se observa en la Figura 2-11. La más usada por unidades a lo largo del mundo es *Android Tactical Assault Kit (ATAK)* [30].

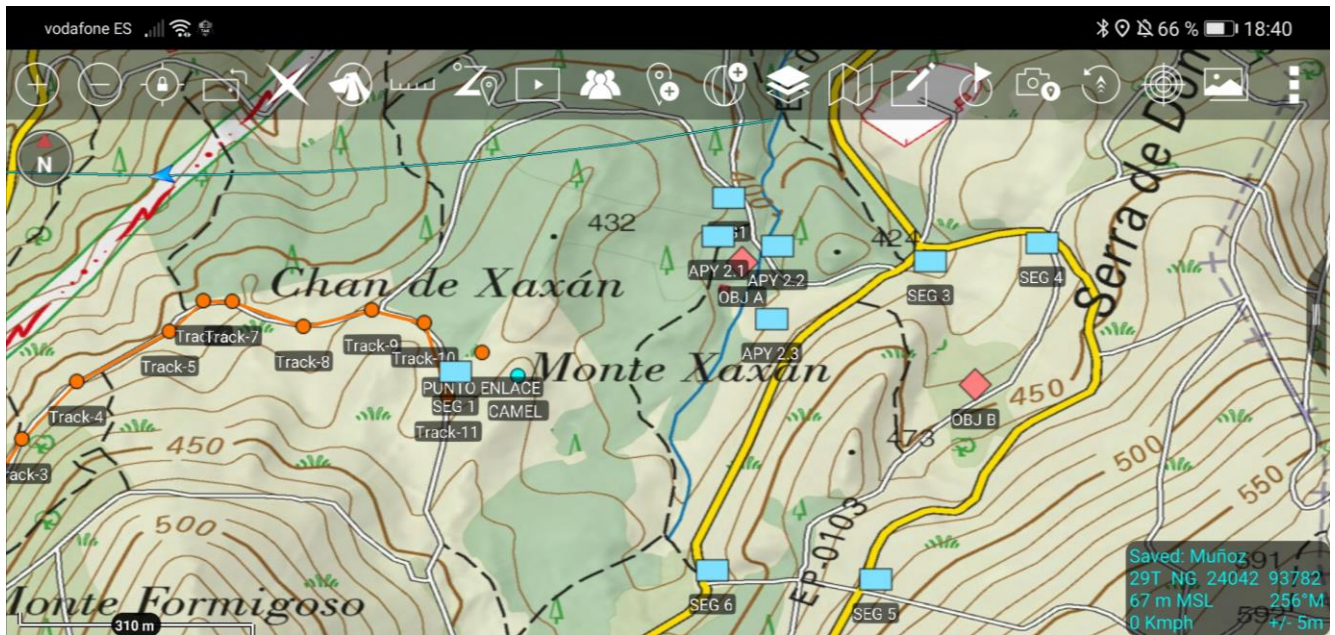


Figura 2-11 Captura de pantalla de la aplicación ATAK.

2.5 Revisión general de dispositivos de localización

Actualmente en el mercado existe una amplia oferta de dispositivos de localización, que se pueden clasificar en considerando dos parámetros: su portabilidad y su función.

Atendiendo a la portabilidad encontramos:

- Dispositivos fijos: son aquellos que van integrados en distintos medios de transporte, desde aviones hasta automóviles (Figura 2-12), pasando por barcos. Para este trabajo no tienen ningún interés debido a su gran tamaño y que para su funcionamiento dependen de una instalación fija en un vehículo que les proporcione energía.



Figura 2-12 Localizador de vehículo TK970 2G [31]

- Dispositivos portátiles: son dispositivos de tamaño y peso reducido, además de funcionamiento autónomo con batería integrada que están diseñados para ser portados de manera cómoda por una sola persona, como el mostrado en la Figura 2-13.



Figura 2-13 Dispositivo de navegación portátil TomTom GO Premium [32]

Según su función encontramos:

- Dispositivos de navegación: disponen de una pantalla de mayor o menor tamaño en la que se muestra al usuario la ubicación del dispositivo (Figura 2-14) ya sea solamente mediante coordenadas o representada sobre un mapa, con el objetivo de que el usuario conozca su localización y pueda moverse con facilidad de un punto a otro.



Figura 2-14 Dispositivo de navegación de aviación Garmin [33]

- Dispositivos de localización: no disponen de pantalla y, en su gran mayoría, el usuario no tiene acceso a la ubicación desde el propio dispositivo. Su propósito principal es la localización tanto de objetos como de personas y animales (Figura 2-15) por lo que envían su posición mediante el uso de diversas tecnologías de manera que el usuario la pueda visualizar en otro dispositivo.



Figura 2-15 Localizador de mascotas invoxia [34]

Para el desarrollo del presente TFG son de especial interés los dispositivos portátiles con función de localización.

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 Planteamiento del problema específico y prerequisites

Como ya se ha comentado en el capítulo uno, la realización de los ejercicios topográficos por parte de los alumnos del Cuerpo de Infantería de Marina de la Escuela Naval Militar puede llegar a plantear un riesgo para ellos.

Actualmente, para la evaluación del alumno en estos ejercicios, este ha de dejar en cada punto topográfico una bolsa de plástico en cuyo interior se encuentre un papel con su empleo militar, nombre, identificación del punto y la hora en la que ha estado. Posteriormente el profesorado pasa por los diferentes puntos topográficos recogiendo estas bolsas para proceder a la evaluación del alumno. Debido a que estos ejercicios pueden terminar ya de noche y también al ya mencionado limitado número de profesores, en numerosas ocasiones las bolsas son recogidas en los días subsiguientes. Esto plantea diversos problemas:

- Al colocar la bolsa, cada alumno la deja en el lugar que el considera más oportuno y que es más visible desde la zona que él ha llegado, por lo que, si el profesor que acude a recogerla accede desde otra zona, es posible que no la encuentre, debido a la frondosa vegetación que existe en algunos puntos topográficos.
- Las bolsas son atadas a lugares como árboles o rocas, por lo que las inclemencias meteorológicas pueden hacer que estas vuelen o que, si entra agua en las mismas, el papel de su interior sea ilegible.
- Abandonar bolsas de plástico en el campo, a pesar de que solo sea durante unos días u horas causa un impacto medioambiental. Además, es posible que cualquier persona que pase por la zona la retire por esta misma razón.

Por todas estas razones, el Departamento N°4 (Táctica y Sistemas de Armas de IM) está buscando el desarrollo de un sistema que automatice el seguimiento de los alumnos durante los ejercicios topográficos, al igual que permita a los alumnos enviar una señal de alerta con su posición en caso de emergencia. El sistema que se persigue debe ajustarse a los siguientes requisitos:

- El dispositivo de geolocalización usado debe ser de dimensiones y peso reducido.
- No debe permitir al alumno obtener información del dispositivo (posicionamiento) como ayuda para la ejecución del ejercicio, por lo que los alumnos no pueden portar su teléfono móvil personal en los ejercicios, ya que esto puede resultar en un uso no adecuado del mismo, incurriendo en acciones fraudulentas que no permitan al profesorado evaluar las capacidades que se buscan desarrollar en el alumno con este tipo de ejercicios.
- Proporcionar una precisión en el posicionamiento menor de 15 metros.

- Disponer de una autonomía mínima de 12 horas.
- Conectarse a un ordenador/tablet para el volcado de los recorridos.
- Su formato de grabación del recorrido tiene que permitir su exportación a un Sistema de Información Geográfico (GIS) (Carta Digital, Iberpix, etc.)
- Debe requerir la menor inversión económica posible.
- Debe permitir que el alumno avise o se comunique con el profesorado en caso de cualquier emergencia (principalmente médica).

3.2 Diseño de la solución propuesta: ventajas e inconvenientes

Para conseguir dar solución al problema, se plantean las siguientes opciones:

3.2.1 Creación de una red ad-hoc

Esta propuesta necesita desplegar una red inalámbrica mallada (mesh) con un *gateway* sobre el vehículo del profesor y diferentes nodos o dispositivos que porten los alumnos y envíen su posición al dispositivo pasarela.

Ventajas

- Independencia de redes externas.

Inconvenientes

- Necesidad de desplegar y configurar la red en la zona previamente a la realización del ejercicio.
- Necesario el uso y traslado de diverso material para la creación de la misma.
- Necesidad de poca distancia entre nodos debido al riesgo de que uno o varios de ellos quede aislado del resto.

3.2.2 Uso de una red de propósito general ya existente

En este caso, se plantearía hacer uso de una red de propósito general, la red GSM de telefonía móvil, para el envío de la información desde dispositivos GPS que porten los alumnos a un servidor donde está instalada la aplicación para gestionar los datos.

Ventajas

- Rapidez de despliegue en cualquier zona pues al hacer uso de una red ya existente, se evita la complejidad de tener que implementar una nueva.

Inconvenientes

- El uso de la red GSM para el envío de datos implica que cada dispositivo GPS debe portar una tarjeta SIM para poder conectarse a ella. Esto implica un coste adicional de compra, así como de mantenimiento de estas.
- La red GSM tiene una amplia cobertura a nivel nacional, pero cuenta con lugares de sombra en los que los dispositivos GPS no tendrían posibilidad de conexión.

3.2.3 Solución propuesta

Analizadas las ventajas e inconvenientes de ambas opciones, y teniendo en cuenta que nos ofrecen posibilidades muy similares en cuanto a la localización, se ha optado por la implementación del sistema haciendo uso de una red de propósito general ya existente, la red GSM de telefonía móvil. Esta decisión se ha tomado principalmente debido a que los ejercicios topográficos se realizan en zonas diversas dentro de la geografía gallega, por lo que en caso de usar una red propia habría que cambiarla de ubicación para cada ejercicio, además de suponer un tiempo extra en el ya comprimido horario con el que cuentan estos ejercicios. Por ello se ha decidido que el hecho de contar con una red ya existente es un aspecto fundamental para la ejecución del trabajo. Además, también se ha tenido en cuenta que los lugares más

frecuentados para la realización de los ejercicios cuentan casi en su totalidad con cobertura como se observa en la Figura 3-1.

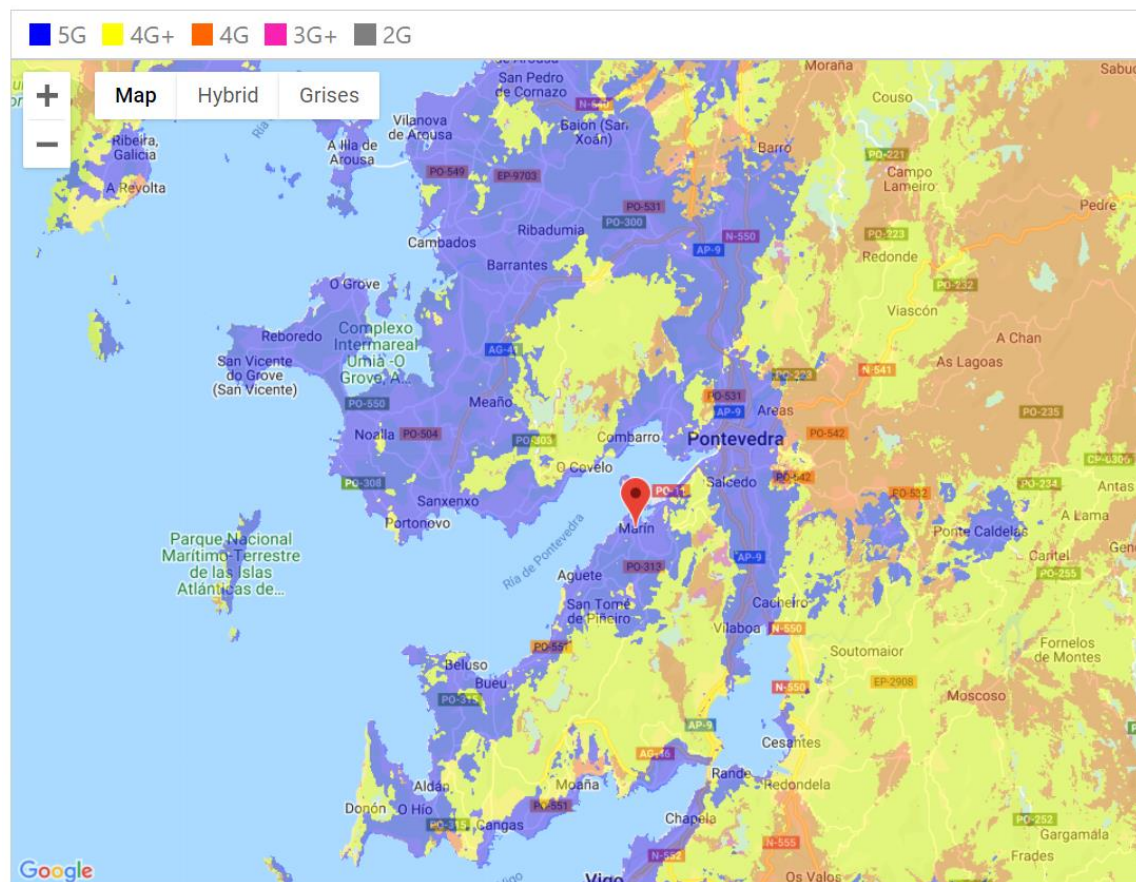


Figura 3-1 Mapa de cobertura en los alrededores Pontevedra [31]

3.3 Recursos materiales empleados

A continuación, se realiza una descripción de los recursos, tanto hardware como software, usados para la realización del presente TFG. En ella se incluyen sus características, el uso que se le va a dar y la instalación y/o configuración que ha sido necesario llevar a cabo para el correcto funcionamiento de estos.

3.3.1 Recursos hardware

Para la realización del trabajo se adquirieron tres dispositivos de localización GPS, una unidad del modelo TK905 del fabricante TKSTAR [36] (Figura 3-2) y dos unidades del modelo TK102-2 del fabricante Xexun [32] (Figura 3-3), con el objetivo de analizar el funcionamiento de ambos y comparar sus prestaciones para poder identificar el que mejor se ajusta a las especificaciones de nuestra aplicación. Ambos modelos se eligieron por su compatibilidad con el protocolo de OpenGTS. A continuación, en la Tabla 3-1 podemos observar las características de ambos dispositivos.



Figura 3-2 TKSTAR TK905 [38]



Figura 3-3 Xexun TK102-2 [34]

<i>Modelo</i>	TKSTAR TK905	Xexun TK102-2
<i>Dimensiones (Largo x Ancho x Alto)</i>	90mm x 72mm x 22mm	64mm x 46mm x 17mm
<i>Peso</i>	168 g	50 g
<i>Red</i>	GSM / GPRS	GSM / GPRS
<i>Frecuencias</i>	850 / 900 / 1800 / 1900 MHz	850 / 900 / 1800 / 1900 MHz
<i>Sensibilidad GPS</i>	-159dBm	-159dBm
<i>Precisión GPS</i>	5m	5m
<i>Alimentación</i>	5V – 1A	5V – 1A
<i>Batería</i>	3.7V 5000mAh Li-on battery	3.7V 850mAh Li-on battery
<i>Tiempo en espera</i>	90 días	100 horas
<i>Temperatura de almacenamiento</i>	-40°C / 85°C	-40°C / 85°C
<i>Temperatura de trabajo</i>	-20°C / 55°C	-20°C / 55°C
<i>Humedad</i>	5% - 95% (sin condensación)	5% - 95% (sin condensación)
<i>Botón SOS</i>	No	Sí
<i>MicroSD</i>	No	Sí
<i>Precio</i>	60 €	35 €

Tabla 3-1 Características de los dispositivos GPS utilizados

Como se puede ver, existen varias diferencias notables entre ambos dispositivos. La primera de ellas es con respecto al tamaño y peso, teniendo el TK905 un tamaño y peso considerablemente superior. Esto se debe principalmente al tamaño de la batería de ambos, lo que nos lleva a otra importante diferencia,

la batería del TK905 es casi seis veces mayor que la del TK102-2. Esto se traduce en una gran diferencia en lo que respecta a la duración de estas, llegando el TK905 a los 90 días en modo espera mientras que el TK102-2 apenas sobrepasa los cuatro.

Estas diferencias se deben al uso para el que han sido concebidos ambos dispositivos, el TK905 se creó como un rastreador de vehículos por lo que es necesario que cuente con una gran autonomía mientras que las dimensiones quedan en un segundo plano. Por otro lado, el TK102-2 se pensó para el rastreo de personas y objetos, lo que hace que su tamaño pequeño sea una característica clave para asegurar la comodidad en su empleo, además de no necesitar de una autonomía tan extendida.

Otra diferencia destacable entre ambos modelos es la existencia de un botón SOS en el modelo TK102-2. Esto se debe al uso para el que fue concebido y le proporciona una clara ventaja frente al otro debido a ser este uno de los requisitos solicitados por el futuro usuario.

Además, el modelo TK102-2 también tiene la posibilidad de incluir una tarjeta de almacenamiento MicroSD. Esta tarjeta es usada por el dispositivo para almacenar la ubicación cuando no se dispone de cobertura GSM para poder enviar la información al servidor.

Por último, podemos observar una diferencia notable entre el precio de ambos dispositivos, costando el modelo TK905 casi el doble que el modelo TK102-2.

3.3.2 Recursos software

Para llevar a cabo este trabajo se ha hecho uso de dos aplicaciones de código libre: OpenGTS [35] y Traccar [36]. Ambas se han instalado en un servidor virtualizado, con sistema operativo Ubuntu 20.04.03 LTS y perteneciente al CUD-ENM. Se ha dispuesto de acceso temporal de administrador durante el desarrollo del presente trabajo con el objetivo de poder llevar a cabo las configuraciones necesarias. Para trabajar en el servidor se accede a él mediante el protocolo *Secure Shell* (SSH) desde la terminal de un ordenador portátil personal con sistema operativo Windows 10. En un principio se planteó el trabajo con el solo uso de OpenGTS debido a la compatibilidad de los dispositivos adquiridos con esta aplicación pero, al recibir los dispositivos, se observa que el modelo TK905 no es compatible con ella como se creía en un principio. Por ello se decide hacer uso de una segunda aplicación, Traccar, con la cual el dispositivo TK905 si es compatible, y que además permite la integración con OpenGTS, de manera que los datos recibidos por Traccar son directamente escritos en la base de datos de OpenGTS y mostrados en su interfaz web.

3.3.2.1 OpenGTS

OpenGTS [35] es software libre desarrollado por GEOTelematic© creado para proveer un servicio web de seguimiento GPS. Fue el primer software libre de este estilo desarrollado. En un principio fue diseñado para cubrir las necesidades básicas de estos sistemas, pero actualmente ha evolucionado y permite, mediante una interfaz muy configurable, amplias posibilidades de organización para las empresas que lo utilizan. Entre sus principales características destacan:

- Posibilidad de creación de diferentes usuarios, con contraseña propia y control sobre lo que tiene acceso el usuario.
- Compatibilidad con dispositivos de diferentes fabricantes que pueden ser mostrados de manera simultánea.
- La interfaz web es ampliamente personalizable por parte del usuario.
- Dispone de varios proveedores de mapas a elegir: *OpenLayers*, *Google Maps*, *Microsoft Virtual Earth* y *Mapstraction*.
- Posibilidad de crear informes personalizados en diferentes formatos (HTML, CSV y XML) para mostrar el historial de datos de un dispositivo.
- Posibilidad de exportar la ruta del dispositivo en diferentes formatos (KML, XML, CSV, TXT, GPX) para ser descargada.

- Posibilidad de crear geozonas y mostrar en los informes cuándo el dispositivo ha entrado y salido de la misma.
- Está basado en Java y usa las tecnologías de Apache Tomcat y MySQL. Además, su instalación es compatible con casi la totalidad de sistemas operativos (Linux, Mac OS X, FreeBSD, OpenBSD, Windows 10, etc.).
- Es una aplicación multiplataforma debido a su acceso web, lo que permite su funcionamiento desde prácticamente cualquier dispositivo.

3.3.2.2 Traccar

Traccar [37] es software de código libre desarrollado por Tananaev Solutions© en el año 2009. Permite el seguimiento web de dispositivos GPS y se compone de tres principales aplicaciones:

- *Traccar Server*: el software que permite la comunicación con los dispositivos e incluye una interfaz web para la administración y visualización de los dispositivos.
- *Traccar Manager*: aplicación móvil desde la cual se pueden visualizar y administrar los dispositivos.
- *Traccar Client*: aplicación móvil que actúa como alternativa a un dispositivo GPS de manera que puede ser usada para conocer la localización del dispositivo móvil en el que encuentra instalada.

Sus principales características son:

- Compatibilidad con casi la totalidad de dispositivos GPS disponibles en el mercado.
- Interfaz web de diseño moderno.
- Soporte actualizado por parte del fabricante.
- Creación de geozonas y aviso de entrada y salida del dispositivo.
- Posibilidad de creación de informes de los dispositivos y descarga de estos en archivo Excel.
- Gran rendimiento y compatibilidad con Windows, Linux y otros sistemas operativos.

3.4 Configuración de los dispositivos GPS

La primera etapa de este TFG consistió en la configuración de los dispositivos GPS. Los tres usarán una tarjeta SIM prepago de la compañía Orange adquirida para la ocasión, con el objeto de que puedan enviar los datos al servidor donde residen las aplicaciones que consuman los datos generados. Previamente a poder usarlas en los dispositivos, estas han sido activadas y se ha eliminado el código PIN de seguridad con el que cuentan, de manera que quedan desbloqueadas y pueden ser leídas por los dispositivos sin problema alguno. A continuación, se pasa a desarrollar los pasos seguidos para la configuración de cada uno de los modelos adquiridos.

3.4.1 TK905

Se inserta la tarjeta SIM en la ranura correspondiente y el dispositivo se enciende automáticamente ya que no dispone de botón de encendido: se enciende y apaga al insertar y retirar la tarjeta SIM. Al introducirla, se iluminan dos indicadores led, azul y amarillo, de acuerdo con lo mostrado en la Tabla 3-2.

Estado del led	Significado
Led amarillo fijo	No hay señal GPRS
Led amarillo parpadeando	Señal GPRS
Led azul fijo	No hay señal GPS
Led azul parpadeando	Señal GPS

Tabla 3-2 Leds de estado del dispositivo TK905

Cuando ambos leds empiezan a parpadear, se comienza con la configuración inicial del aparato. Esta se realiza mediante comandos SMS siguiendo la secuencia que se indica a continuación, y que se muestra en la Figura 3-4. Con cada comando, el dispositivo responde con un SMS de confirmación.

1. Configurar número de administrador: Admin123456 "número de teléfono"
2. Configurar zona horaria: Timezone123456 +1
3. Comprobar correcto funcionamiento: G123456# (envía la posición, velocidad y batería del dispositivo).

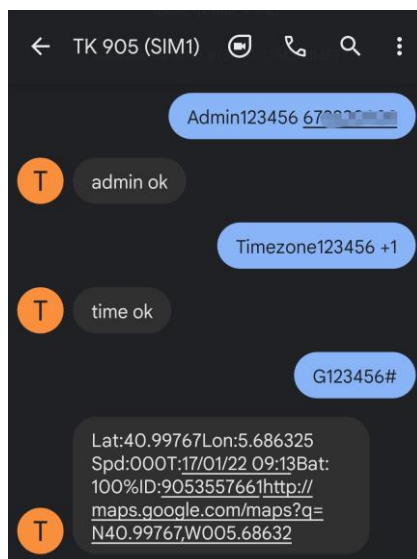


Figura 3-4 Configuración inicial del dispositivo TK905

Una vez que el dispositivo está funcionando, se procede a comprobar el resto de sus funcionalidades desde la APP nativa WINNES GPS [37]. Para que el dispositivo funcione con la aplicación, se deben realizar algunas configuraciones adicionales para activar datos y poder transmitir datos (Figura 3-5):

1. Activar GPRS: gprs123456
2. Configurar APN: apn123456 orangeworld
apnuser123456 orange
apnpassword123456 orange
3. Comprobamos que la configuración es correcta: check123456

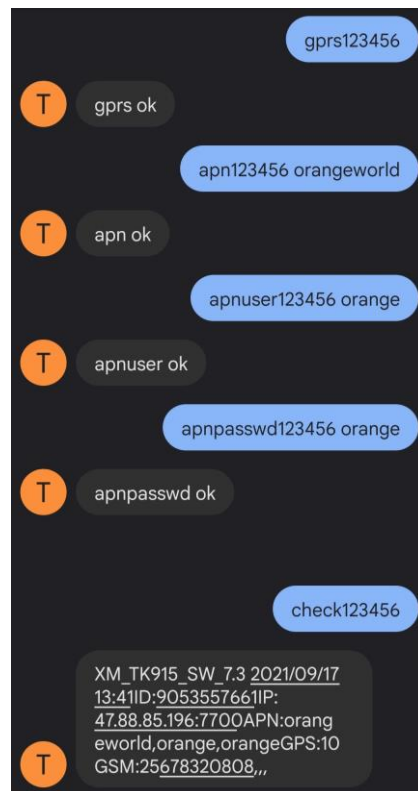


Figura 3-5 Configuración de la APP para el dispositivo TK905

Terminada la configuración, se accede a la aplicación. Para ello es necesario identificarse con el IMEI del dispositivo y la contraseña. Además, al acceder, se puede seleccionar el mapa que se mostrará como fondo (Google Maps o Beidou Maps) y las unidades de velocidad (km/h o milla/h) como se muestra en la Figura 3-6.

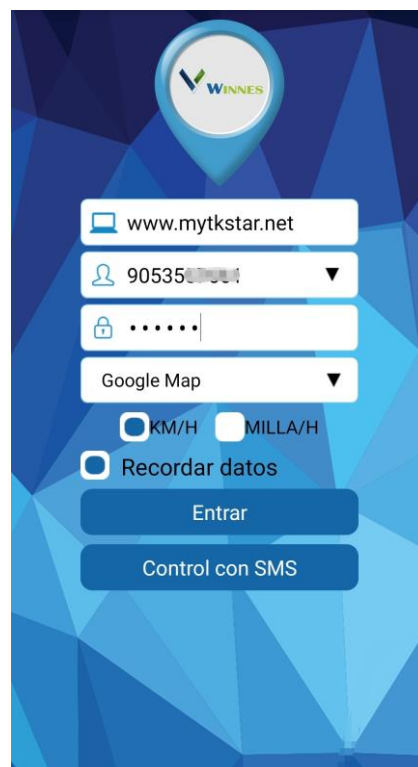


Figura 3-6 Inicio de sesión en WINNES GPS

Una vez dentro de la aplicación, aparece la página principal de la misma, donde vemos las diferentes opciones que ofrece (Figura 3-7), destacando las siguientes:

- Ubicar: muestra la posición del dispositivo en tiempo real (Figura 3-8).
- Historial: se accede a las posiciones del dispositivo durante un periodo de tiempo determinado (Figura 3-9).
- Limitar zona: permite delimitar zonas geográficas para controlar el movimiento del dispositivo.
- Dispositivo: muestra todos los detalles del dispositivo.
- Alarmas: permite establecer diferentes alarmas para que se avise al usuario según el estado del dispositivo (Figura 3-10).



Figura 3-7 Página inicial de WINNES GPS



Figura 3-8 Ubicación en tiempo real de WINNES GPS

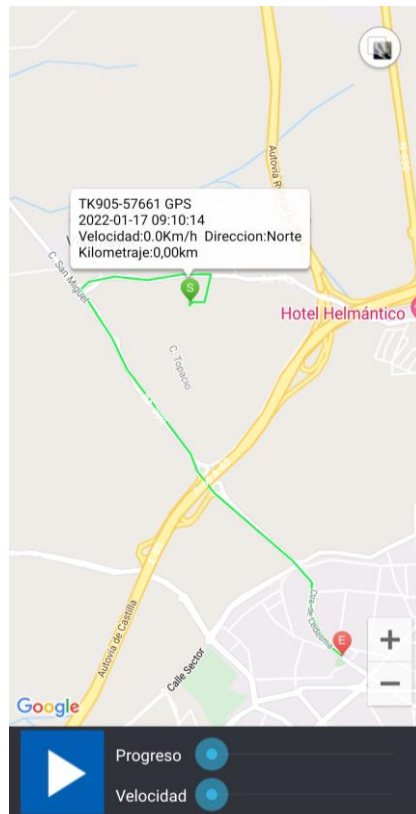


Figura 3-9 Historial de ubicaciones en WINNES GPS



Figura 3-10 Alarmas en WINNES GPS

Finalmente, tras comprobar el correcto funcionamiento de todas las posibilidades que permite el dispositivo, debemos cambiar la IP y el puerto al que envía la información. Por defecto, el dispositivo viene configurado para enviar esta información a los servidores del fabricante y de esta manera poder ser mostrada en su propia aplicación. Debido a que se quiere enviar al servidor donde se instalará la aplicación web propia, se deben modificar estos parámetros como se muestra a continuación y en la Figura 3-11:

1. Cambiar IP y puerto de envío de la información: adminip123456 193.146.212.187 5093
2. Comprobar que los cambios son correctos: Check123456

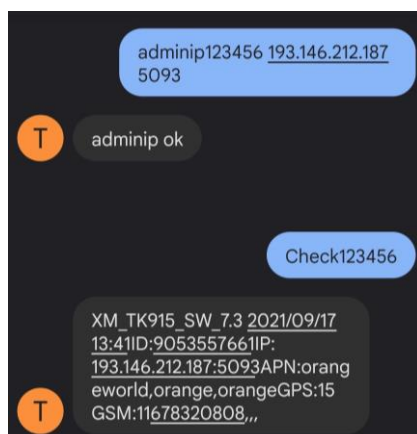


Figura 3-11 Configuración de la IP en el dispositivo TK905

De esta manera, el dispositivo queda totalmente configurado para trabajar con la plataforma web propia.

3.4.2 TK102-2

La configuración de estos dispositivos se realiza de manera similar al modelo TK905 con ligeros cambios. Los dos dispositivos de este modelo han sido configurados siguiendo el procedimiento que se indica a continuación.

Se comienza insertando la SIM en la ranura correspondiente y colocando la batería (en este modelo es extraíble). Una vez cerrada la tapa se pulsa el botón *ON/OFF* del dispositivo hasta que se enciende un led verde, que seguidamente empieza a parpadear cada cuatro segundos. De esta manera el dispositivo queda encendido y listo para su uso.

Una vez encendido, se deberá realizar la configuración inicial para su correcto funcionamiento. Los pasos que realizar se indican a continuación y en la Figura 3-12:

1. Activar dispositivo: `smslink123456`
2. Configurar zona horaria: `time zone123456`. Si la configuración es correcta, el dispositivo responde con un mensaje de estado.
3. Configurar número de administrador: `admin123456 "número de teléfono"`

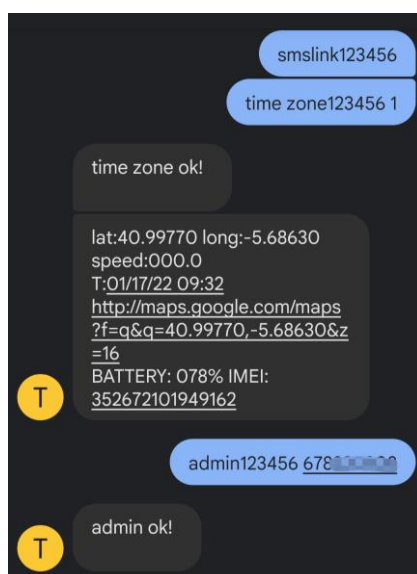


Figura 3-12 Configuración inicial del dispositivo TK102-2

Con el dispositivo funcionando de manera independiente mediante comandos SMS, se pasa a comprobar su funcionamiento con la APP propia del fabricante, DAGPS [38]. Para ello es necesario realizar los mismos cambios en la configuración que los llevados a cabo en el modelo TK905 para poder transmitir datos, y que se muestran a continuación e ilustran en la Figura 3-13:

1. Activar GPRS: `gprs123456`
2. Configurar APN: `apn123456 orangeworld`
`apnuser123456 orange`
`apnpasswd123456 orange`
3. Comprobar que la configuración es correcta: `Check123456`

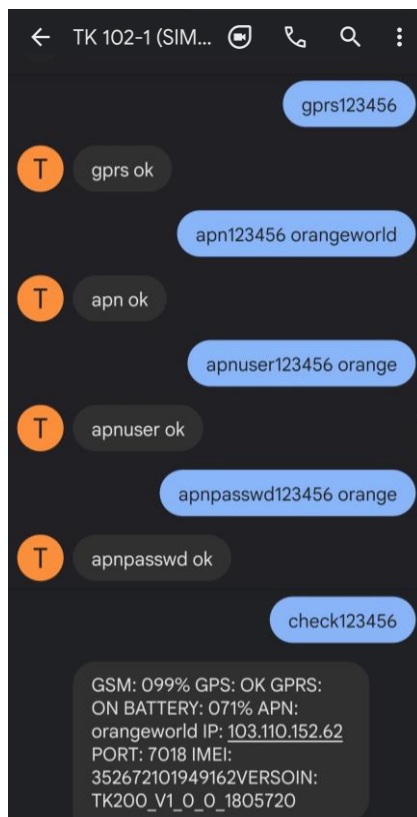


Figura 3-13 Configuración de la APP en el dispositivo TK102-2

Finalizada la configuración para el correcto funcionamiento del dispositivo con la APP, se accede a la misma con el IMEI del dispositivo y la contraseña de acceso, como vemos en la Figura 3-14.

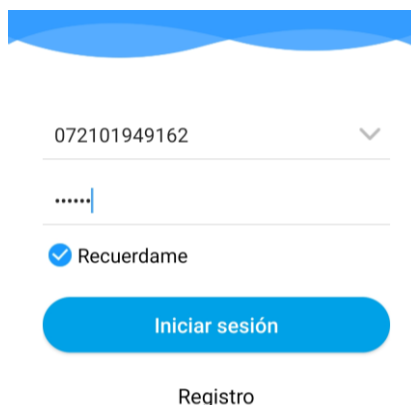


Figura 3-14 Inicio de sesión en DAGPS

Una vez iniciada la sesión, accederemos a la pantalla principal (Figura 3-15) donde se muestra la ubicación actual del dispositivo, la distancia a la que se encuentra y, en la parte inferior, las diferentes opciones que ofrece la aplicación. Entre estas opciones destacan:

- Valla: permite delimitar zonas geográficas para controlar el movimiento del dispositivo.
- Trayectoria: muestra el historial de ubicaciones del dispositivo en un periodo de tiempo seleccionado (Figura 3-17).
- Detalles: muestra un resumen del estado del dispositivo y sus características.
- Fortificación y desarmar: activa y desactiva una alarma que avisa en cuanto el dispositivo comienza a moverse o se para.
- Kilometraje: genera una gráfica de la distancia recorrida por el dispositivo en función del tiempo.

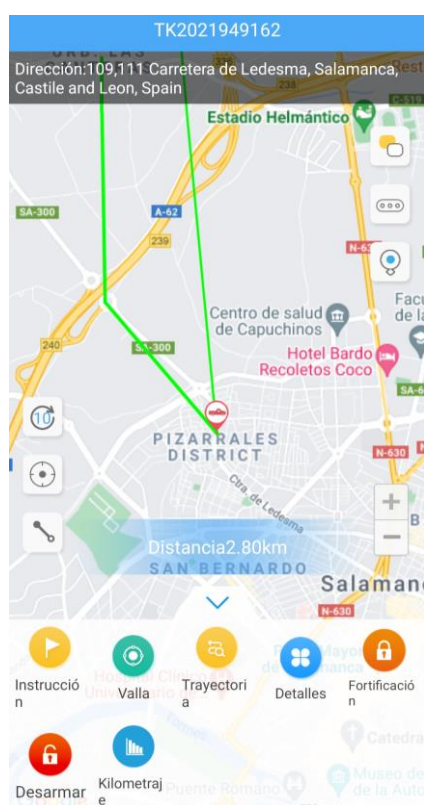


Figura 3-15 Página inicial de DAGPS

Además, como ya se ha comentado anteriormente, estos dispositivos disponen de un botón SOS que al ser pulsado por el usuario envía una alerta a la aplicación como se observa en la Figura 3-16.

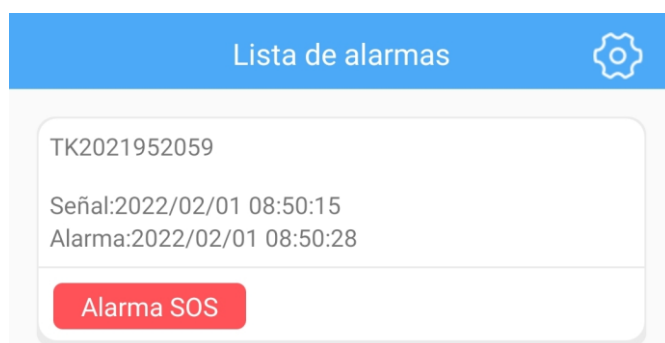


Figura 3-16 Mensaje de alarma SOS del dispositivo TK102-2



Figura 3-17 Ejemplo de trayectoria mostrada en DAGPS

Por último, al igual que con el dispositivo TK905, para que este funcione con la aplicación propia se ha de configurar para que envíe la información al servidor donde se va a instalar el programa y en concreto al puerto que está escuchando. Esto se realiza como se indica a continuación y se muestra en la Figura 3-18.

1. Cambiar IP y puerto de envío de la información: adminip123456 193.146.212.187 31272
2. Comprobar que los cambios son correctos: Check123456

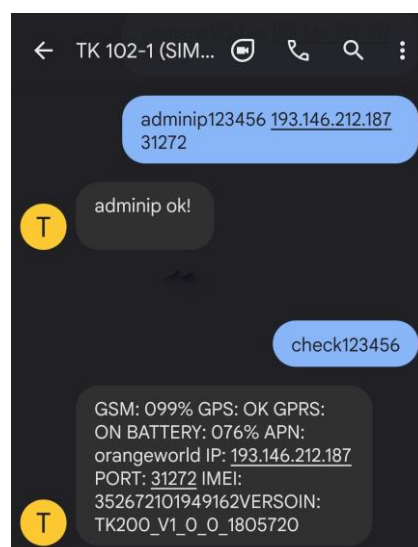


Figura 3-18 Configuración de la IP del dispositivo TK102-2

3.5 Instalación y despliegue de OpenGTS

3.5.1 Instalación

A continuación, se detallan los pasos llevados a cabo para la instalación de OpenGTS. La aplicación web se instaló en el servidor virtualizado que se ha mencionado anteriormente. En primer lugar, se instalarán las dependencias listadas a continuación:

- Java.
- JavaMail.
- Apache Tomcat.
- Apache Ant.
- MySQL.

Instalación de JAVA

Se procede a su descarga desde la página oficial de Oracle [37]. Para la instalación hay que seguir las siguientes instrucciones:

Copiar al directorio y extraer:

```
$ sudo mkdir -p /opt/jdk
$ sudo cp -rf /home/tfg2021/joaquin/jdk1.8.0_202 /opt/jdk
$ cd /opt/jdk
$ sudo tar -zxvf jdk1.8.0_202
```

Configurar el entorno:

```
$ export JAVA_HOME=/opt/jdk/jdk.1.8.0_202
$ echo "export JAVA_HOME=/opt/jdk/jdk.1.8.0_202" >> ~/.bashrc~
```

Instalación de JavaMail Support

Descargar la aplicación y configurar:

```
$ wget -c
https://maven.java.net/content/repositories/releases/com/sun/mail/javax.mail-1.5.2/javax.mail-1.5.2.jar
$ sudo cp javax.mail-1.5.2.jar $JAVA_HOME/jre/lib/ext/
$ sudo mv $JAVA_HOME/jre/lib/ext/javax.mail-1.5.2.jar
$JAVA_HOME/jre/lib/ext/javax.mail.jar
```

Instalación Apache Tomcat

Descargar, descomprimir y copiar al directorio:

```
$ wget -c https://archive.apache.org/dist/tomcat/tomcat-7/v7.0.109/bin/apache-tomcat-7.0.109.zip
$ unzip apache-tomcat-7.0.109.zip
$ sudo cp -a apache-tomcat-7.0.109 /usr/local
```

Configurar el entorno CATALINA_HOME:

```
$ cd /usr/local
$ sudo ln -s $CATALINA_HOME tomcat
```

```
$ cd $CATALINA_HOME/bin
$ chmod a+x *.sh
$ $CATALINA_HOME/bin/startup.sh
$ export CATALINA_HOME=/usr/local/apache-tomcat-7.0.109
$ echo "export CATALINA_HOME=/usr/local/apache-tomcat-7.0.109" >>
~/.bashrc
```

Iniciar el Tomcat:

```
$ $CATALINA_HOME/bin/startup.sh
```

Instalación Apache Ant

Descargar, descomprimir y copiar al directorio:

```
$ wget https://downloads.apache.org/ant/binaries/apache-ant-1.9.16-
bin.tar.gz
```

```
$ sudo tar -xf apache-ant-1.9.16-bin.tar.gz -C /usr/local
```

```
$ sudo ln -s /usr/local/apache-ant-1.9.16/ /usr/local/ant
```

Configurar el entorno:

```
$ export $ANT_HOME=/usr/local/ant
```

```
$ echo "export ANT_HOME=/usr/local/ant" >> ~/.bashrc
```

Comprobar la version:

```
$ ant -version
```

Instalación de MySQL

Descargar e instalar la versión 5.7 de la aplicación debido a la compatibilidad:

```
$ wget https://dev.mysql.com/get/mysql-apt-config_0.8.12-1_all.deb
```

```
$ sudo dpkg -i mysql-apt-config_0.8.12-1_all.deb
```

Seguir los pasos indicados en la Figura 3-19, Figura 3-20 y Figura 3-21:

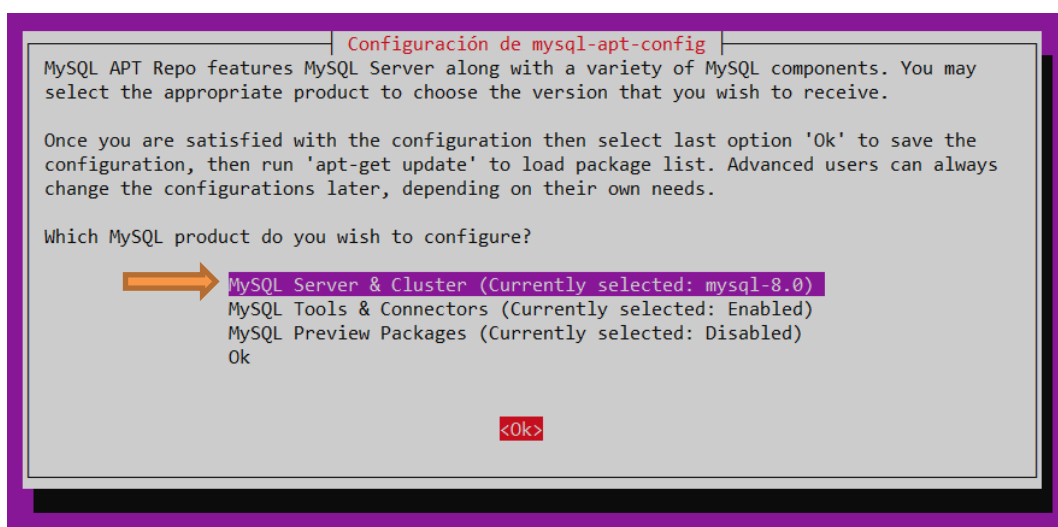


Figura 3-19 Selección del producto a configurar

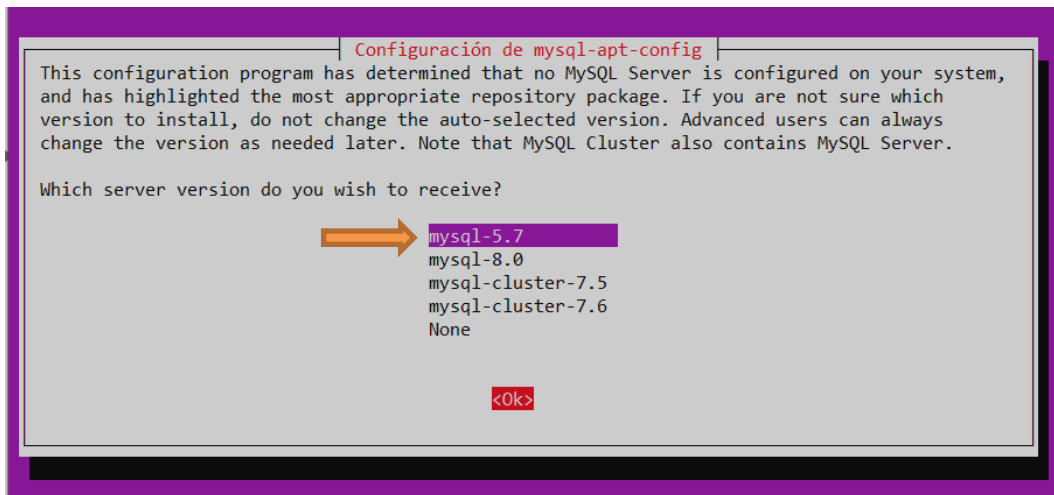


Figura 3-20 Selección de la versión del programa

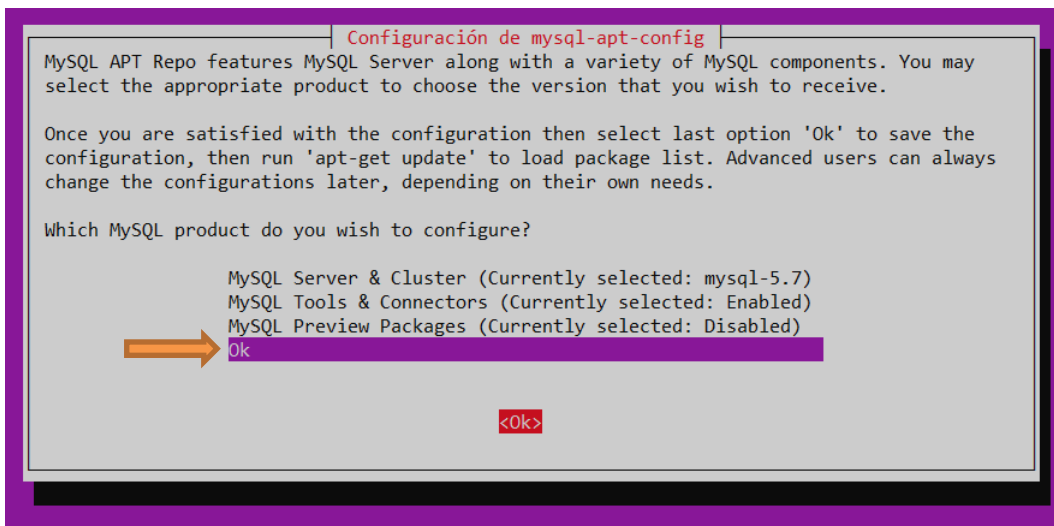


Figura 3-21 Aceptar y salir

```
$ sudo apt -get update
$ sudo apt-cache policy mysql-server
$ sudo apt install -f mysql-client=5.7.37-1ubuntu18.04 mysql-community-
server=5.7.37-1ubuntu18.04 mysql-server=5.7.37-1ubuntu18.04
```

Aparecerán las siguientes pantallas (Figura 3-22 y Figura 3-23) para establecer la contraseña:

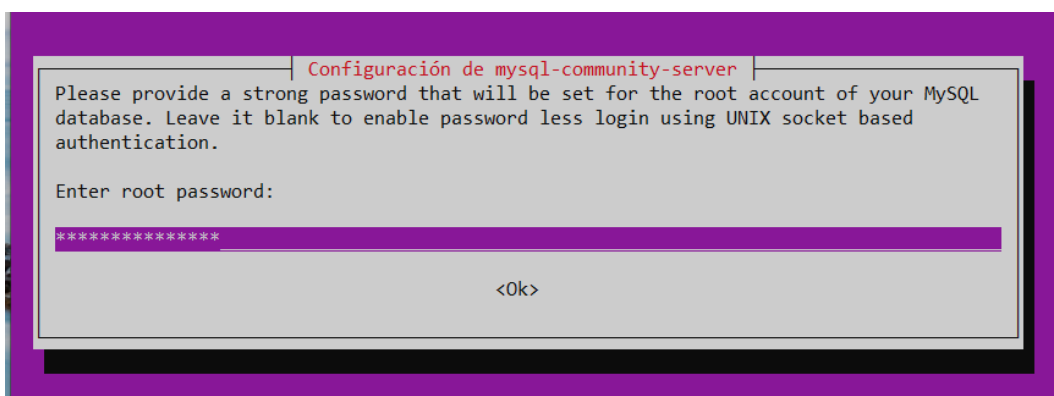


Figura 3-22 Establecer la contraseña

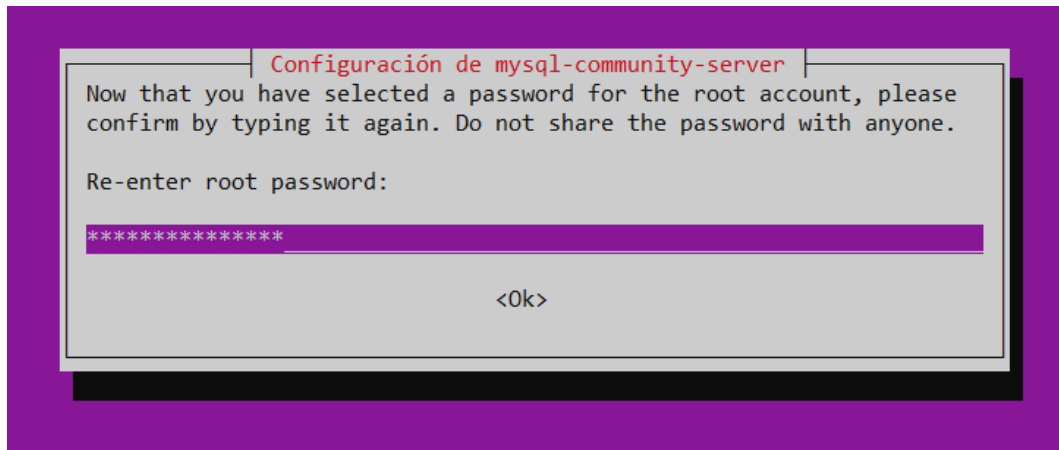


Figura 3-23 Repetir la contraseña

Iniciar mysql:

```
$ systemctl start mysql
```

Instalación del conector JAVA

```
$ wget -c http://dev.mysql.com/get/Downloads/Connector-J/mysql-connector-java-5.1.37.zip
```

```
$ unzip mysql-connector-java-5.1.37.zip
```

```
$ cd mysql-connector-java-5.1.37/
```

```
$ sudo cp mysql-connector-java-5.1.37-bin.jar $JAVA_HOME/jre/lib/ext
```

Instalación de OpenGTS

Una vez descargado el archivo OpenGTS_2.6.7 desde la página oficial de OpenGTS [35], se instala en el servidor:

```
$ sudo unzip OpenGTS_2.6.7.zip -d /usr/local
```

```
$ export GTS_HOME=/usr/local/OpenGTS_2.6.7/
```

```
$ echo "export GTS_HOME=/usr/local/OpenGTS_2.6.7" >> ~/.bashrc
```

Configurar el entorno:

```
$ export ANT_HOME=/usr/local/ant
```

```
$ echo "export ANT_HOME=/usr/local/ant" >> ~/.bashrc
```

```
$ source ~/.bashrc
```

Crear enlaces simbólicos:

```
$ sudo ln -s $JAVA_HOME /usr/local/java
```

```
$ sudo ln -s $CATALINA_HOME /usr/local/tomcat
```

```
$ sudo ln -s $GTS_HOME /usr/local/gts
```

Configurar OpenGTS:

```
$ vim $GTS_HOME/config.conf
```

Modificar el archivo de configuración que se abre como se muestra en la Figura 3-24.

```
# -----  
  
# --- Database Provider  
#db.sql.provider=mysql  
#db.sql.host=dbserver  
#db.sql.port=3306  
#db.sql.dbname=gts  
db.sql.user=gts  
db.sql.password=opengts  
#db.dbConnectionPool=true  
  
# --- MySQL specific  
#db.mysql.tableExistsSelectCount=true  
  
# --- include "lastUpdateAccount"/"lastUpdateUser" fields in selected tables  
#db.includeLastUpdateAccount=false  
#db.includeLastUpdateUser=false
```

Figura 3-24 Archivo config.conf

Compilar OpenGTS:

```
$ cd $GTS_HOME  
$ ant all
```

Iniciar la base de datos:

```
$ bin/initdb.sh -rootUser=root -rootPass=*****
```

Comprobar que la instalación se ha llevado a cabo de manera correcta (en el caso de que aparezcan errores o advertencias se deberán solucionar):

```
$ bin/checkInstall.sh
```

Crear una cuenta de administrador nueva:

```
$ bin/admin.sh Account -account=sysadmin -pass=***** -create
```

Instalar Track Java Servlet:

```
$ ant track  
$ cp build/track.war $CATALINA_HOME/webapps/
```

Proceder a acceder a la interfaz web de la aplicación mediante la URL <https://193.146.212.187:8080/track/Track>, mostrándose lo reflejado en la Figura 3-25 y en la Figura 3-26.



Open Source OpenGTS GPS Tracking
(Powered by OpenGTS)

[Login](#)

Please Log In

Account:

User:

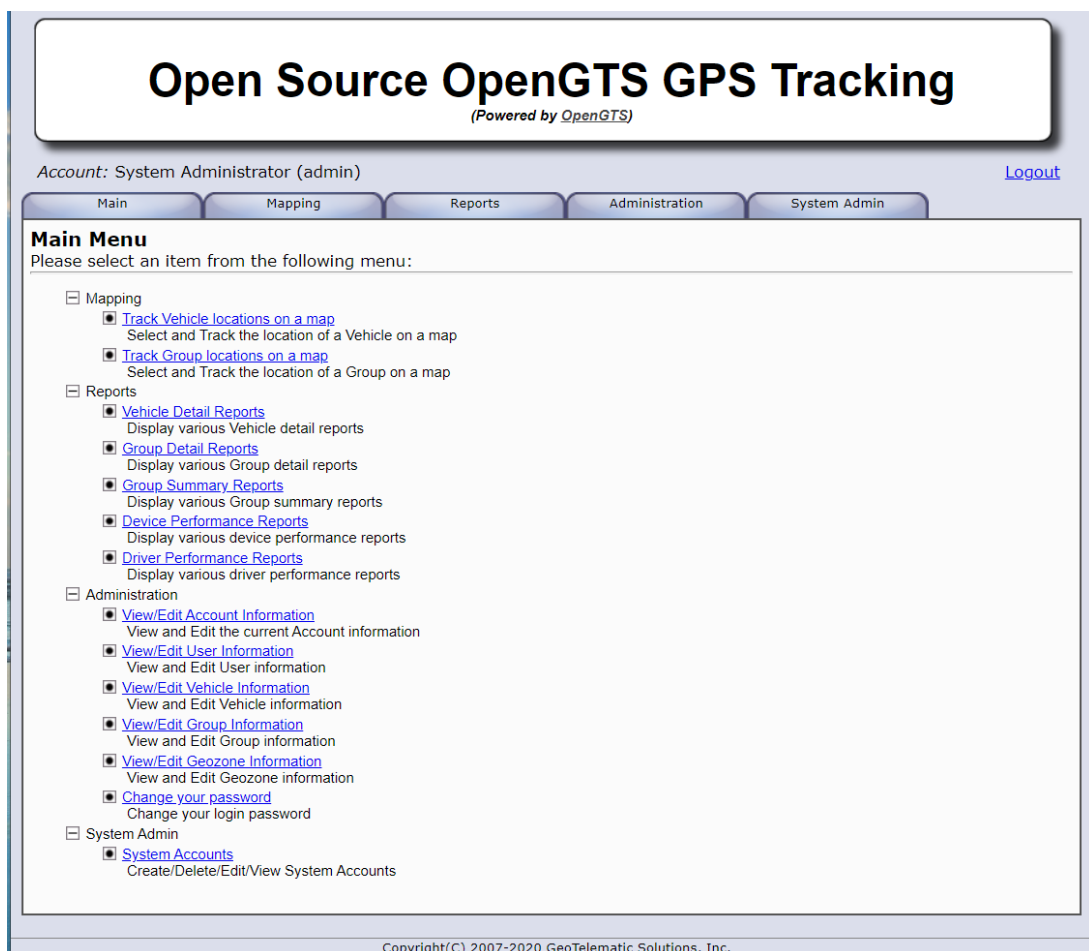
Password:

[Forgot password?](#)

(Cookies and JavaScript must be enabled)

Please enter Login/Authentication

Figura 3-25 Página de inicio de sesión OpenGTS



Open Source OpenGTS GPS Tracking
(Powered by OpenGTS)

Account: System Administrator (admin) [Logout](#)

Main Mapping Reports Administration System Admin

Main Menu
Please select an item from the following menu:

- Mapping
 - Track Vehicle locations on a map
Select and Track the location of a Vehicle on a map
 - Track Group locations on a map
Select and Track the location of a Group on a map
- Reports
 - Vehicle Detail Reports
Display various Vehicle detail reports
 - Group Detail Reports
Display various Group detail reports
 - Group Summary Reports
Display various Group summary reports
 - Device Performance Reports
Display various device performance reports
 - Driver Performance Reports
Display various driver performance reports
- Administration
 - View/Edit Account Information
View and Edit the current Account information
 - View/Edit User Information
View and Edit User information
 - View/Edit Vehicle Information
View and Edit Vehicle information
 - View/Edit Group Information
View and Edit Group information
 - View/Edit Geozone Information
View and Edit Geozone information
 - Change your password
Change your login password
- System Admin
 - System Accounts
Create/Delete/Edit/View System Accounts

Copyright(C) 2007-2020 GeoTelematic Solutions, Inc.

Figura 3-26 Menú principal de OpenGTS

Si da error al acceder, parar y reiniciar Tomcat y volver a acceder:

```
$ $CATALINA_HOME/bin/shutdown.sh
$ rm -rf $CATALINA_HOME/webapps/track*
$ cp $GTS_HOME/build/track.war $CATALINA_HOME/webapps/
$CATALINA_HOME/bin/startup.sh
```

3.5.2 Despliegue

Una vez instalado el programa, se procede a registrar los tres dispositivos de localización GPS. Para ello se dispone de dos opciones diferentes: trabajar desde la terminal de Ubuntu del servidor y realizar el proceso mediante comandos, o desde la propia interfaz web del programa. Para comprobar el correcto funcionamiento de ambas opciones se han registrado dispositivos con las dos opciones. A continuación, se describe de manera detallada cómo se han llevado a cabo ambos procesos.

El primer paso es común a ambos procesos y orientado a los dispositivos modelo TK102-2, debido a que para que estos dispositivos se puedan comunicar de manera correcta con el programa se necesita iniciar el módulo DCS (*Devices Communication Server*) correspondiente. En este caso, como los dispositivos usan el protocolo tk103 para comunicarse, debemos iniciar el módulo DCS denominado “tk10x”. Para ello se usan los siguientes comandos en el terminal:

```
$ cd /usr/local/gts
$ bin/runserver.sh -s tk10x
```

De esta manera queda iniciado el módulo DCS correspondiente. Por defecto, el módulo permanece a la escucha del puerto 31272. Por ello anteriormente, en la configuración de los dispositivos, se ha realizado de tal manera que envíen la información a este puerto.

Configuración por terminal

Se sigue la secuencia de comandos que se indica a continuación.

El primer paso es crear el dispositivo:

```
$ cd /usr/local/gts
$ bin/admin.sh Device -account=sysadmin -device=2 -create
```

A continuación, se deben editar los parámetros necesarios para su correcto funcionamiento:

```
$ bin/admin.sh Device -account=sysadmin -device=2 -edit
```

En este momento se abrirá una lista con todos los parámetros configurables del dispositivo como vemos en la Figura 3-27.

```

-----
Key: sysadmin,2
-----
0) Group ID : ""
1) Equipment Type : ""
2) Equipment Status : ""
3) Vehicle Make : ""
4) Vehicle Model : ""
5) Vehicle Color : ""
6) Vehicle Year : "0"
7) VIN [A]: ""
8) License Plate : ""
9) License Expiration Day : ""
10) Insurance Expiration Day : ""
11) Driver ID : ""
12) Driver Status : "0"
13) Driver Time : ""
14) Fuel Capacity : "0.0"
15) Fuel Capacity : "0.0"
16) Approx. Fuel Economy : "0.0"
17) Approx. Fuel Rate per Hour : "0.0"
18) Approx. Fuel Cost per Liter : "0.00"
19) Fuel Tank Profile : ""
20) Fuel Tank Profile : ""
21) Engine Displacement Liters : "0.0"
22) Max Speed km/h : "0.0"
23) Speed Offset km/h : "0.0"
24) Max RPM : "0"
25) Planned Trip Distance : "0.0"
26) Install Time : ""
27) Reset Time : ""
28) Expiration Time : ""
29) Unique ID [A]: "tk_352672101949162"
30) Server ID : "tk10x"
31) Device Type : ""
32) Icon/Image URL : ""
33) Serial Number : ""
34) SIM Phone Number : ""
35) SIM ID : ""
36) SMS EMail Address : ""
37) IMEI Number : "072101949162"
38) Pushpin ID : "devlabel"
39) Display Color : ""
40) Route Segment Color selector : ""
41) Data Key : ""
42) Ignition I/O Index : "0"
43) Valid IP Addresses : ""
44) Pending Ping Command : ""
45) Maximum 'Ping' Count : "0"
46) Command State Mask : "0"
47) Expecting an ACK : "false"
48) Expected ACK Status Code : "0"
49) DCS Properties ID : ""
50) DCS Configuration Mask : "0"
51) DCS Configuration String : ""
52) DCS Command Host : ""
53) Command State : ""
54) Last MIL : "false"
55) Deleted Time : "0"
56) Is Active : "true"
57) Display Name : "Pedrero2"
58) Description : "Pedrero2"
59) Notes : ""
Enter field number [or 'save','exit']:

```

Figura 3-27 Parámetros del dispositivo en el terminal OpenGTS

Seleccionando el número de campo deseado, se pueden modificar los parámetros. En nuestro caso se modificarán:

- Unique ID: es el parámetro más importante que debemos definir ya que es el que el programa va a usar para asociar la información recibida con el dispositivo creado. Su formato será tk_”IMEI del dispositivo”, de manera que el programa lo relacione directamente con el módulo DCS tk10x para obtener la información.
- Display name: nombre con el que se mostrará la ubicación del dispositivo.
- Description: pequeña descripción del dispositivo. En nuestro caso será igual que el nombre del dispositivo para mayor simplicidad y facilidad en la identificación de este.

Una vez finalizada esta configuración la guardaremos mediante el comando `save` y saldremos de la configuración con el comando `exit`.

Interfaz web

Primeramente, se procede a acceder a la interfaz web del programa desde la URL <https://193.146.212.187:8080/track/Track>. Una vez dentro, nos dirigimos a *Administración / Admón. Vehículos* como se muestra en la Figura 3-28.

Cuenta: System Administrator (admin) [Menú Principal](#) | [Salir](#)

Principal Mapas Reportes Administración Administración del Sistema

Editar información de cuentas

Identificador de la cuenta: sysadmin

Nombre de la cuenta: System Administrator

Nombre de contacto:

Teléfono de contacto:

Email de contacto:

Email de notificación:

Zona de Tiempo: GMT

Unidades de velocidad: km/h

Unidades de distancia: Km

Unidades de volumen: litro

Unidades economía: L/100km

Unidades de presión: kPa

Unidades de temperatura: C

Formato de latitud/longitud: Grados

Título 'dispositivo': Plural:

Título 'grupo': Plural:

'Address' Title: Plural:

Identificador de usuario predefinido:

[Cambiar](#) [Cancelar](#)

Copyright(C) 2007-2020 GeoTelematic Solutions, Inc.

Figura 3-28 Acceso a Admón. Vehículos OpenGTS

Una vez allí, en *Crear un nuevo dispositivo*, introducimos el identificador del dispositivo y pulsamos en *Nuevo*, como se muestra en la Figura 3-29.

← → ↻ No es seguro | 193.146.212.187:8080/track/Track?page=dev.info

Localización satelital GPS

(Powered by OpenGTS)

Cuenta: System Administrator (admin) [Menú Principal](#) | [Salir](#)

Principal Mapas Reportes Administración Administración del Sistema

Ver/editar información de Vehículo [Refrescar](#)

Seleccione un Vehículo:

Selección	Identificador Vehículo	Identificador único	Descripción	Tipo de equipo	Teléfono SIM#	Identificador del servidor	Estado del motor	Activo	Last Received Event GMT
☐	1	tk_9053557661	New Device [1]				Apagado	Si	
☐	2	tk_352672101949162	TK103_1			Generic TK102/TK103	Apagado	Si	2022/02/05 20:30:10
☒	3	tk_352672101952059	TK103_2			Generic TK102/TK103	Apagado	Si	2022/02/05 20:28:10

[Ver](#) [Editar](#) [Borrar](#)

Crear un nuevo dispositivo:

Identificador Vehículo:

[Nuevo](#)

Figura 3-29 Creación de nuevo dispositivo en la interfaz web de OpenGTS

Se nos dirigirá a una nueva página en la que se muestran todos los parámetros del dispositivo (Figura 3-30) y se podrán modificar. Modificaremos los mismos que se han modificado desde el terminal: Identificador único, nombre del vehículo y descripción del vehículo.

Cuenta: System Administrator (admin) [Menú Principal](#) | [Salir](#)

Principal Mapas Reportes Administración Administración del Sistema

Ver/editar información de Vehículo

Identificador Vehículo:

Fecha de creación:

Identificador del servidor:

Versión del sistema del dispositivo:

Identificador único:

Activo:

Vehículo Expiration: (yyyy/mm/dd)

Descripción Vehículo:

Nombre corto:

Identificación del vehículo:

Vehicle Make:

Vehicle Model:

License Plate:

License Expiration: (yyyy/mm/dd)

Tipo de equipo:

Equipment Status:

Número IMEI:

Serial Number:

Teléfono SIM#:

Dirección de correo electrónico para SMS:

Identificador del pin Grupo:

Color de la ruta en el mapa:

Identificador del operador:

Identificador del servidor:

Versión del sistema del dispositivo:

Identificador único:

Activo:

Vehículo Expiration: (yyyy/mm/dd)

Descripción Vehículo:

Nombre corto:

Identificación del vehículo:

Vehicle Make:

Vehicle Model:

License Plate:

License Expiration: (yyyy/mm/dd)

Tipo de equipo:

Equipment Status:

Número IMEI:

Serial Number:

Teléfono SIM#:

Dirección de correo electrónico para SMS:

Identificador del pin Grupo:

Color de la ruta en el mapa:

Identificador del operador:

Odometro reportado: Km [Offset 0.0]

Reported Engine Hours: Hours [Offset 0.00]

Reported PTO Hours: Hours [Offset 0.00]

Miembro de Grupo:

Todos [all] : ☒

Figura 3-30 Parámetros del dispositivo vistos desde la interfaz web de OpenGTS

De esta manera quedan los dos dispositivos GPS modelo TK102-2 configurados y aparecen en el mapa de la web como observamos en la Figura 3-31.

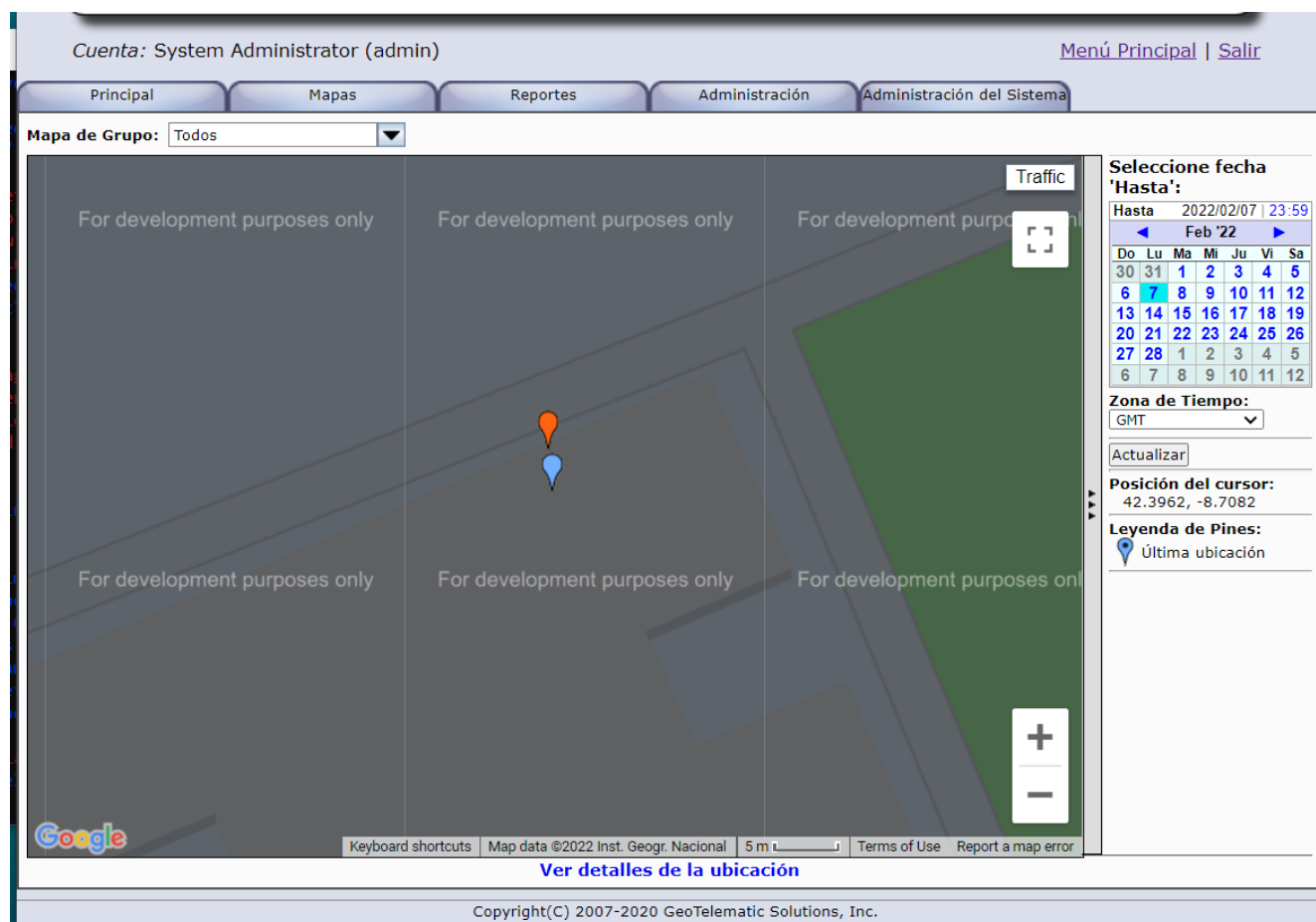


Figura 3-31 Mapa tras finalizar la configuración de los dispositivos en OpenGTS

3.6 Instalación y despliegue de Traccar

3.6.1 Instalación

Instalación de Java

Comprobamos que tenemos instalado Java (ya se instaló para OpenGTS)

```
$ java -version
```

Instalación de MySQL

Accedemos a MySQL (se instaló para OpenGTS)

```
$ mysql -h localhost -u root -p
```

Introducimos la contraseña y estaremos dentro del ecosistema de MySQL

Creamos una base de datos con nombre *traccar*:

```
mysql> create database traccar;
```

Comprobamos que se ha creado (Figura 3-32):

```
mysql> show databases;
```

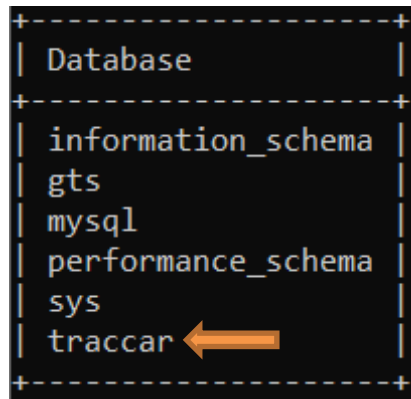


Figura 3-32 Listado de bases de datos

Salimos de la aplicación:

```
mysql> exit
```

Instalación de Traccar

Descargamos el archivo desde la página web oficial de Traccar [38]:

```
$ wget https://www.traccar.org/download/traccar-linux-64-latest.zip
```

Descomprimos e instalamos:

```
$ unzip traccar-linux-*.zip
```

```
$ sudo ./traccar.run
```

Configurar el programa:

Creamos un archivo xml llamado traccar.xml:

```
$ vim traccar.xml
```

Copiar la siguiente configuración:

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<!DOCTYPE properties SYSTEM 'http://java.sun.com/dtd/properties.dtd'>

<properties>

    <entry key="config.default">./conf/default.xml</entry>
    <entry key='database.driver'>com.mysql.jdbc.Driver</entry>
    <entry
key='database.url'>jdbc:mysql://localhost/traccar?serverTimezone=UTC&
;useSSL=false&;allowMultiQueries=true&;autoReconnect=true&;useU
nicode=yes&;characterEncoding=UTF-
8&;sessionVariables=sql_mode=''</entry>
    <entry key='database.user'>"USUARIO BASE DE DATOS"</entry>
    <entry key='database.password'>"CONTRASEÑA BASE DE DATOS"</entry>

</properties>
```

Lo copiamos para sustituir al que viene por defecto:

```
$ cp traccar.xml /opt/traccar/conf/
```

Iniciamos Traccar:

```
$ systemctl start traccar
```

Procedemos a entrar en la interfaz web mediante la URL <https://193.146.212.187:8082>, mostrándose lo reflejado en la Figura 3-33 y Figura 3-34.



Figura 3-33 Página de inicio de sesión en Traccar

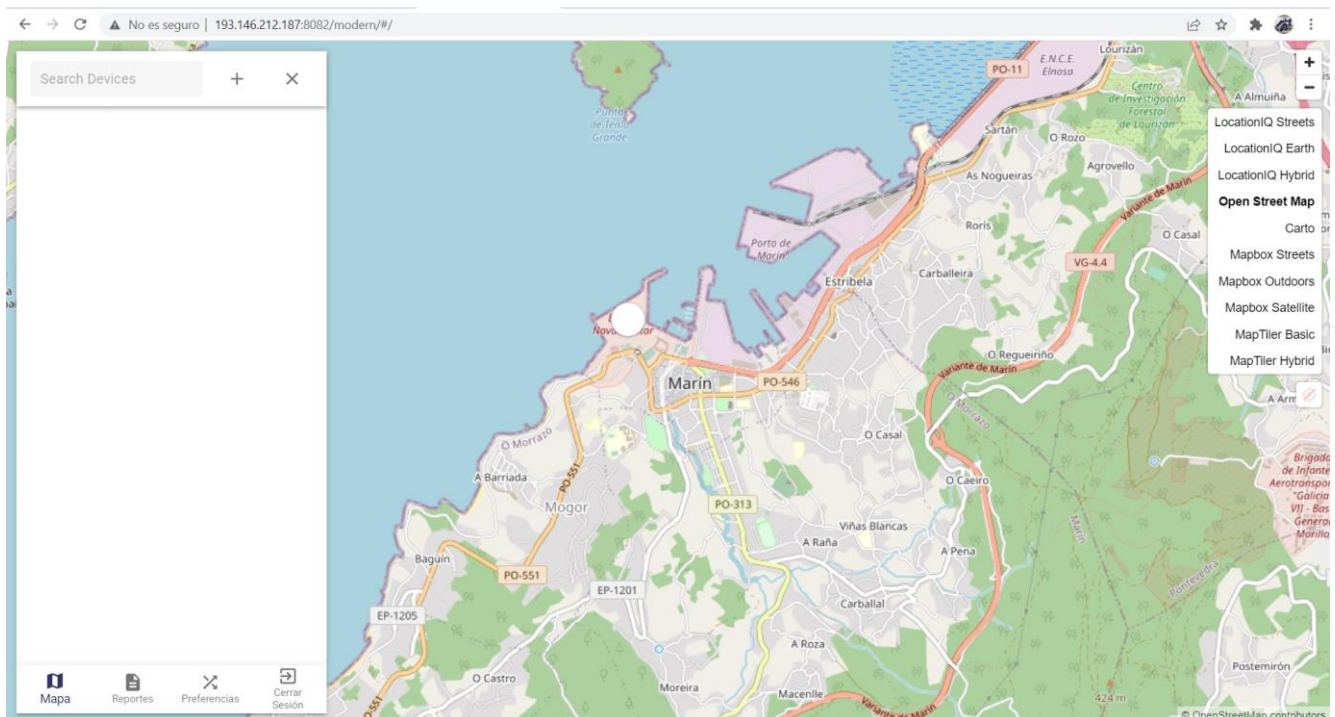


Figura 3-34 Página principal de Traccar

3.6.2 Despliegue

Una vez instalado el programa, se accede a la interfaz web para proceder a añadir el dispositivo GPS modelo TK905. Para ello en la página principal se hace click en “+” y se nos dirigirá a una pestaña nueva (Figura 3-35) con los parámetros a configurar del dispositivo que queremos añadir. Configuraremos los siguientes:

- Nombre: para identificar en el mapa el dispositivo.
- Identificador: se corresponde con el número IMEI del dispositivo.

Figura 3-35 Parámetros del dispositivo en Traccar

Una vez finalizada la configuración del dispositivo, volvemos a la página principal del programa, comprobando que se ha realizado la configuración de manera correcta y, por tanto, el dispositivo aparece localizado en el mapa como vemos en la Figura 3-36.

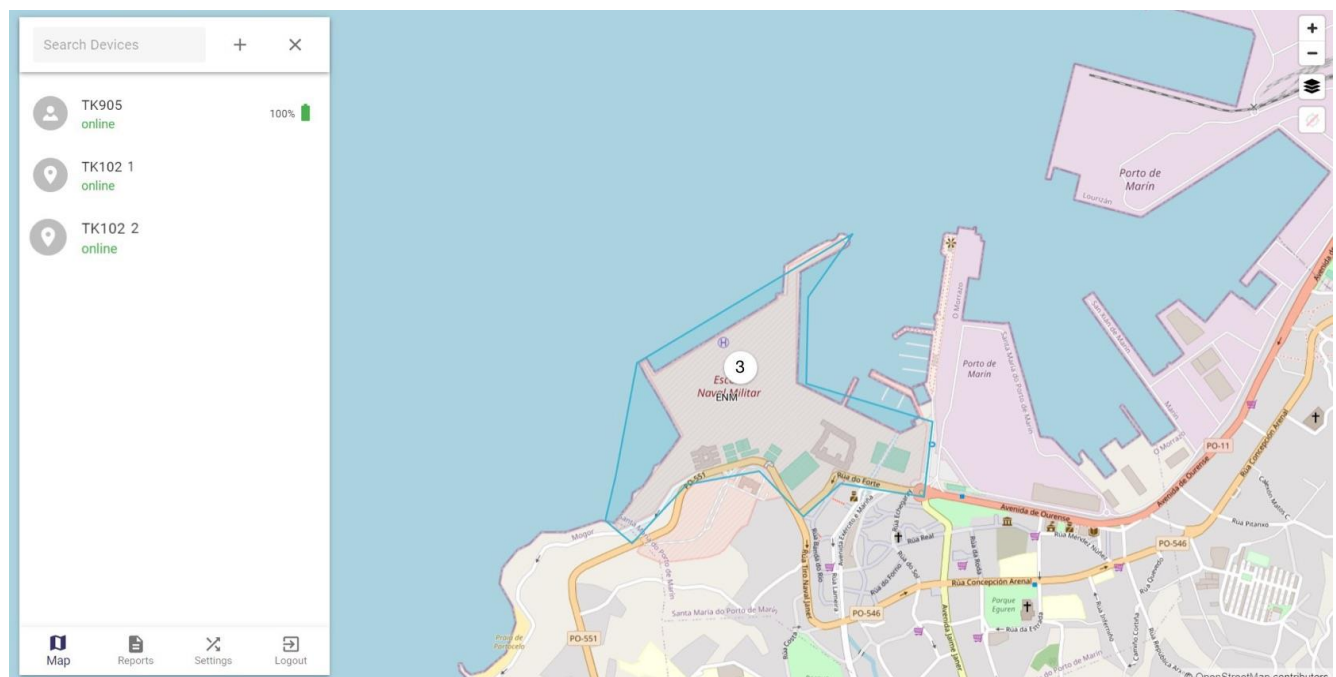


Figura 3-36 Mapa tras haber realizado la configuración de los dispositivos en Traccar

3.7 Integración de Traccar con OpenGTS

Para ello tendremos que modificar la configuración por defecto de Traccar para que los datos que reciba los escriba directamente en la base de datos de OpenGTS.

Modificamos en el archivo *traccar.xml* las líneas que se muestran a continuación:

```
<entry key='database.url'>jdbc:mysql://localhost/"BASE DE DATOS
OPENGTS"?allowMultiQueries=true</entry>
<entry key='database.user'>"USUARIO BASE DE DATOS"</entry>
<entry key='database.password'>"CONTRASEÑA BASE DE DATOS"</entry>
```

Lo copiamos para sustituir al que había:

```
$ cp traccar.xml /opt/traccar/conf/
```

Modificamos el archivo *default.xml*, eliminando las siguientes líneas:

```
<entry key='database.generateQueries'=true</entry>
<entry key='database.changelog'=true</entry>
```

Insertamos el siguiente código:

```
<entry key='database.selectDevices'>
    SELECT CONCAT('1', imeiNumber) AS id, imeiNumber AS uniqueId FROM Device
WHERE imeiNumber REGEXP '^[0-9]+$';
</entry>

<entry key='database.selectAllDevices'>
    SELECT CONCAT('1', imeiNumber) AS id, imeiNumber AS uniqueId FROM Device
WHERE imeiNumber REGEXP '^[0-9]+$';
</entry>

<entry key='database.insertPosition'>
    START TRANSACTION;

    UPDATE Device SET lastValidLatitude = :latitude, lastValidLongitude
= :longitude, lastGPSTimestamp = UNIX_TIMESTAMP(:fixTime), lastUpdateTime =
UNIX_TIMESTAMP(NOW()) WHERE imeiNumber = SUBSTRING(CAST(:deviceId AS CHAR(32)),
2);

    SELECT @accountID := accountID, @deviceId := deviceId FROM Device
WHERE imeiNumber = SUBSTRING(CAST(:deviceId AS CHAR(32)), 2);

    INSERT INTO EventData (accountID, deviceId, timestamp, statusCode,
latitude, longitude, speedKPH, heading, altitude, rawData, creationTime,
address)
```

```
VALUES (@accountID, @deviceID, UNIX_TIMESTAMP(:fixTime), 0,
:latitude, :longitude, :speed * 1.852, :course, :altitude, '',
UNIX_TIMESTAMP(NOW()), :address);

COMMIT;

</entry>
```

Copiamos el archivo para sustituir el que había:

```
$ cp default.conf /opt/traccar/conf
```

Reiniciamos Traccar:

```
$ systemctl restart traccar
```

4 RESULTADOS DEL TFG Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA

Para llevar a cabo la validación del funcionamiento del sistema, se realizó una prueba durante un ejercicio topográfico realizado por los alumnos del Cuerpo de Infantería de Marina de la Escuela Naval Militar el día 10 de marzo de 2022 en la zona norte del municipio de Meaño (Pontevedra). Los dispositivos fueron portados por dos alumnos: uno de ellos portaba un dispositivo modelo TK102-2 y otro modelo TK905 y un segundo alumno portaba el segundo dispositivo modelo TK2102-2. Se decidió realizar la prueba de esta manera para poder comparar el funcionamiento de los dos modelos en condiciones similares, en detrimento de poder obtener más datos dando cada uno de los tres dispositivos a un alumno diferente. Para la prueba se ha dejado la configuración por defecto de los dispositivos, según la cual el modelo TK102-2 envía la posición cada dos minutos mientras que el TK905 la envía cada minuto.

4.1 Preparación de la prueba

Previamente al día de la salida, se llevó a cabo la configuración del sistema para conseguir lo deseado. Primeramente, se solicitó a los profesores del Departamento N°4 información sobre la zona donde se iba a realizar el ejercicio topográfico, así como los recorridos con los puntos topográficos a identificar por los dos alumnos a los que posteriormente se les entregarían los dispositivos de seguimiento. En la Figura 4-1 se muestran los datos que reciben los alumnos al comenzar el ejercicio, contiene los puntos topográficos, su descripción y las coordenadas de los mismos en formato UTM.

	TIPO PTO	DESCRIPCIÓN	$X(ED50) = X(ETRS89) + 125$	$Y(ED50) = Y(ETRS89) + 215$
ASP2º PEDRERO MARTIN	PI	CRUCE PISTAS	524 067	4 702 312
	E5	ESPOLÓN	521 836	4 701 772
	V1	CRUCE VAGUADA PISTA	523 506	4 701 003
	C3	COTA 608	525 244	4 702 982
	L5	COLLADO 545	524 553	4 702 561
	V4	CRUCE VAGUADA PISTA	523 469	4 702 498
	PF	CRUCE PISTAS	524 067	4 702 312
GM FERNANDEZ PUENTE	PI	CRUCE PISTAS	524 067	4 702 312
	L4	COLLADO 548	524 814	4 702 571
	E1	ESPOLÓN	524 375	4 701 419
	V2	CRUCE VAGUADA PISTA	523 476	4 701 124
	E4	ESPOLÓN	522 291	4 702 375
	C4	COTA 595	525 189	4 702 666
	PF	CRUCE PISTAS	524 067	4 702 312

Figura 4-1 Recorridos topográficos de los alumnos

Una vez obtenida la información de los puntos, fue necesario convertir las coordenadas de los puntos de formato UTM, empleadas en el ámbito militar, a coordenadas geográficas debido a que es el formato usado por las aplicaciones. Para realizar este proceso, se hizo uso de la Calculadora Geodésica del Instituto Geográfico Nacional [42], como se observa en la Figura 4-2, la cual permite llevar a cabo esta conversión de una manera rápida y sencilla.

Las coordenadas geográficas se pueden introducir en grado y fracción de grado (GG.GGGG) o en grados, minutos y segundos (GG MM SS.SSSS).
 Al introducir coordenadas geográficas, en las longitudes Oeste y latitudes Sur, poner un signo negativo.
 Las coordenadas UTM se pueden introducir en metros.

Datos de Entrada

Sistema de referencia	Coordenadas	Modo de trabajo
ETRS89 ☒	Geográficas ☐	Entrada manual ☒
ED50 ☐	UTM ☒	
Datum Madrid (Struve) ☐	Lambert ☐	

Coordenadas UTM

X (metros) 524067
 Y (metros) 4702312
 HUSO 29

CALCULAR

Datos de salida

ETRS89			ED50		
X UTM	524067.000	☐	X UTM	524192.235	☐
Y UTM	4702312.000	☐	Y UTM	4702526.953	☐
HUSO	29	☐	HUSO	29	☐
K	0.99960713	☐	K	0.99960720	☐
W	0° 11' 52"	☐	W	0° 11' 55"	☐
LONG (° ' ")	-8° 42' 25.99383"	☐	LONG (° ' ")	-8° 42' 20.53791"	☐
LAT (° ' ")	42° 28' 22.00352"	☐	LAT (° ' ")	42° 28' 26.23632"	☐
LONG (grados)	-8.70722051	☐	LONG (grados)	-8.70570498	☐
LAT (grados)	42.47277875	☐	LAT (grados)	42.47395453	☐

Figura 4-2 Calculadora Geodésica del IGN

Con las coordenadas geográficas de todos los puntos obtenidas, el siguiente paso fue introducir en la aplicación los puntos topográficos. Para ello se creó una geozona con las coordenadas de cada punto asignándole a cada una un radio de 20 metros. Se decidió usar este radio teniendo en cuenta la precisión de 5 metros de los dispositivos, así como añadir un margen razonable teniendo en cuenta la escala de los planos usados por los alumnos. De esta manera, se crearon un total de 11 geozonas (Figura 4-3) que comprenden los 5 puntos topográficos de cada alumno y el punto inicial y final, que en este ejercicio era el mismo.

Cia Alumnos ENM

(Powered by OpenGTS)

Cuenta: System Administrator (admin) [Menú Principal](#) | [Salir](#)

Principal Mapas Reportes Administración Administración del Sistema

Ver/editar información de geozonas

Seleccione una geozona:

Seleccionar	Identificador de geozona	Descripción (Dirección)	Tipo zona	Geocódigo inverso	Zona de Llegada	Zona de Partida	Radio (metros)	Centro Latitud/Longitud
☒	c3	Custom Zone c3	Radio	Si	Si	Si	20	42.47877 / -8.69287
☐	c4	Custom Zone c4	Radio	Si	Si	Si	20	42.47593 / -8.69356
☐	e1	Custom Zone e1	Radio	Si	Si	Si	20	42.46473 / -8.70351
☐	e4	Custom Zone e4	Radio	Si	Si	Si	20	42.47340 / -8.72882
☐	e5	Custom Zone e5	Radio	Si	Si	Si	20	42.46798 / -8.73438
☐	l4	Custom Zone l4	Radio	Si	Si	Si	20	42.47509 / -8.69812
☐	l5	Custom Zone l5	Radio	Si	Si	Si	20	42.47501 / -8.70130
☐	pi	Custom Zone pi	Radio	Si	Si	Si	20	42.47220 / -8.70829
☐	v1	Custom Zone v1	Radio	Si	Si	Si	20	42.46101 / -8.71410
☐	v2	Custom Zone v2	Radio	Si	Si	Si	20	42.46210 / -8.71446
☐	v4	Custom Zone v4	Radio	Si	Si	Si	20	42.47447 / -8.71449

Crear una nueva geozona:

Identificador de geozona:

Figura 4-3 Geozonas de los puntos topográficos de los recorridos

Finalmente, para facilitar la identificación sobre el mapa de cada alumno, se le asignó a cada dispositivo el apellido del alumno. En el caso del alumno que llevaba dos dispositivos, se les puso como identificador el apellido seguido de un número (Figura 4-4). Además, se creó un grupo de dispositivos por curso (Figura 4-5) de manera que se puedan visualizar sobre el mapa solo los alumnos de un curso determinado. Esto sería especialmente útil si todos los alumnos de la Compañía de alumnos llevaran dispositivos (cerca de 65) ya que permite una visualización mucho más clara de la posición de los alumnos al mostrarlos divididos por cursos.

Cia Alumnos ENM

(Powered by OpenGTS)

Cuenta: System Administrator (admin) [Menú Principal](#) | [Salir](#)

Principal Mapas Reportes Administración Administración del Sistema

Ver/editar información de Vehículo [Refrescar](#)

Seleccione un Vehículo:

Selección	Identificador Vehículo	Identificador único	Descripción	Tipo de equipo	Teléfono SIM#	Identificador del servidor	Estado del motor	Activo	Last Received Event Europe/Madrid
☒	1	9053557661	Pedrero1				Apagado	Si	
☐	2	tk_352672101949162	Pedrero2			Generic TK102/TK103	Apagado	Si	14/03/2022 21:55:19
☐	3	tk_352672101952059	Puente			Generic TK102/TK103	Apagado	Si	14/03/2022 21:59:27

Crear un nuevo dispositivo:

Identificador Vehículo:

Figura 4-4 Dispositivos con los nombres de los alumnos

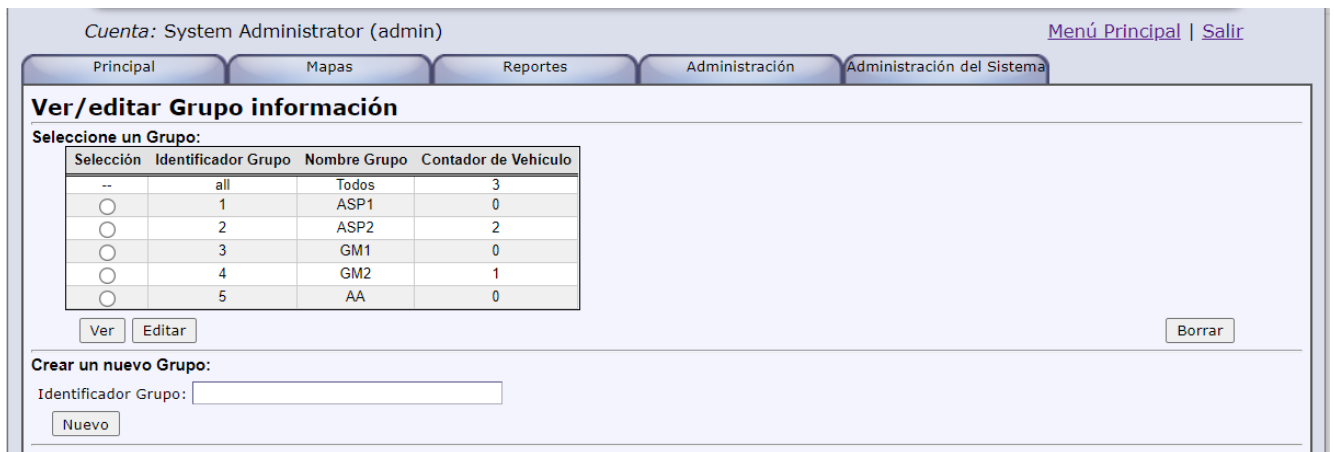


Figura 4-5 Dispositivos agrupados por cursos

De esta manera quedó todo configurado a la espera de realizar la prueba en el ejercicio topográfico.

4.2 Desarrollo del ejercicio topográfico

El día del ejercicio se encienden los tres dispositivos y se comprueba que transmiten información y, por tanto, aparecen reflejados en el mapa de la interfaz web como se muestra en la Figura 4-6.

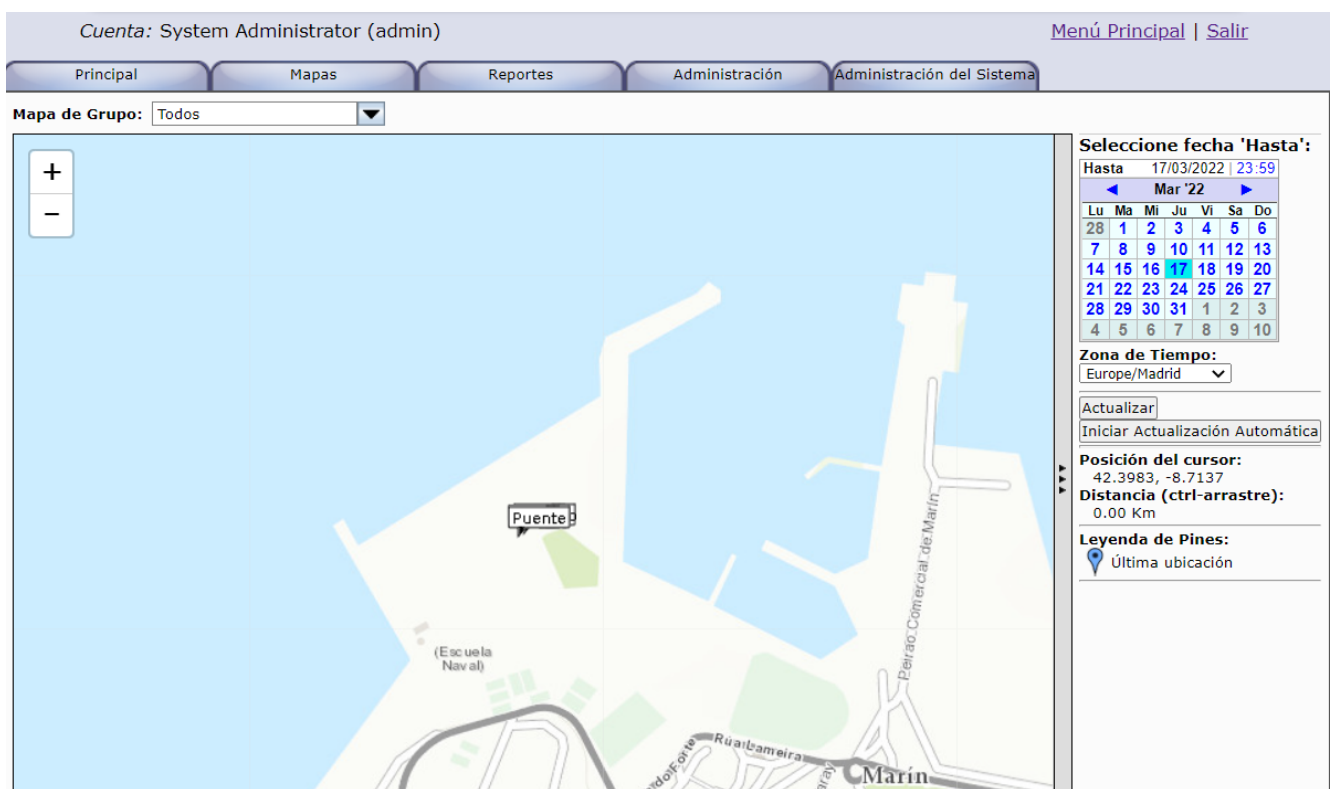


Figura 4-6 Ubicación de los dispositivos tras encendido

Posteriormente, se les entrega a los alumnos designados según lo mencionado anteriormente. A partir de ese momento se comienza a realizar un seguimiento en tiempo real de los mismos. En los primeros minutos, se produce el movimiento de los alumnos desde la Escuela Naval Militar hasta la zona norte del municipio de Meaño, donde se desarrolló el ejercicio. Se puede observar en la Figura 4-7 la localización de los tres dispositivos durante el transporte y en la Figura 4-8 la ruta que seguía el autobús que transportaba a los alumnos.

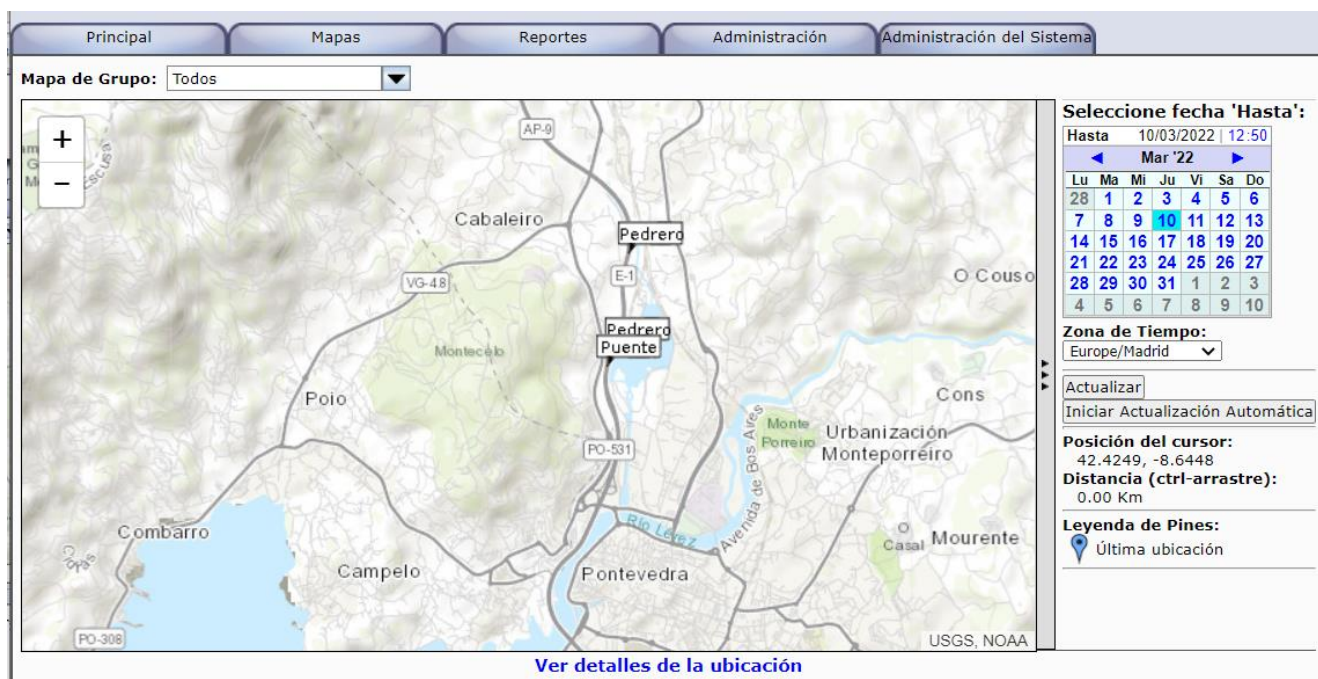


Figura 4-7 Posición de los alumnos durante el traslado a la zona de ejercicios

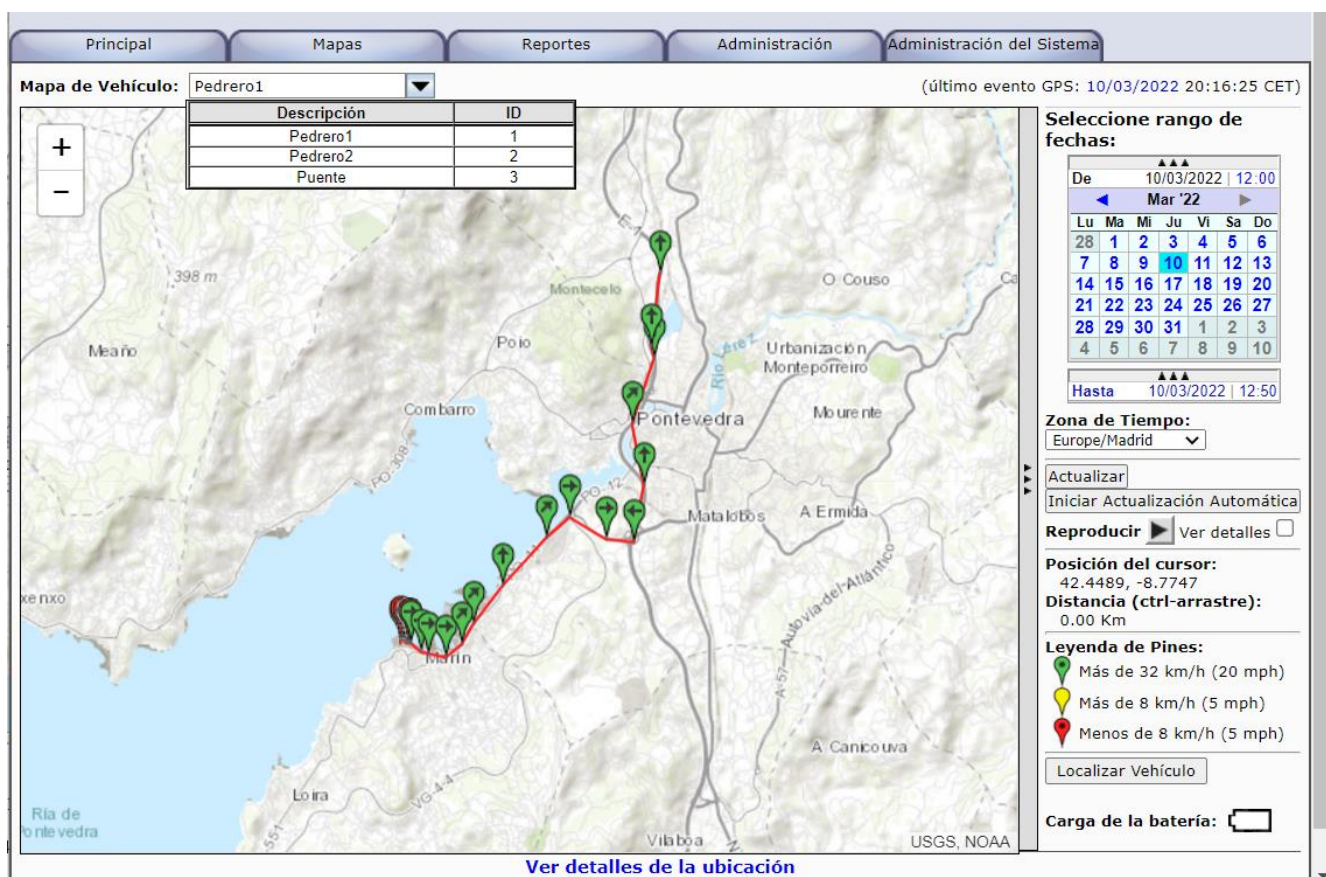


Figura 4-8 Ruta de uno de los alumnos durante el traslado a la zona de ejercicios

Una vez el autobús llega con los alumnos al punto inicial del recorrido, observamos en el mapa que con los dispositivos TK102-2 la geozona se muestra en color verde en el mapa cuando los alumnos han entrado en ella (Figura 4-10 y Figura 4-11), por el contrario, con el dispositivo TK905 (Figura 4-9) no se nos muestra esta información.

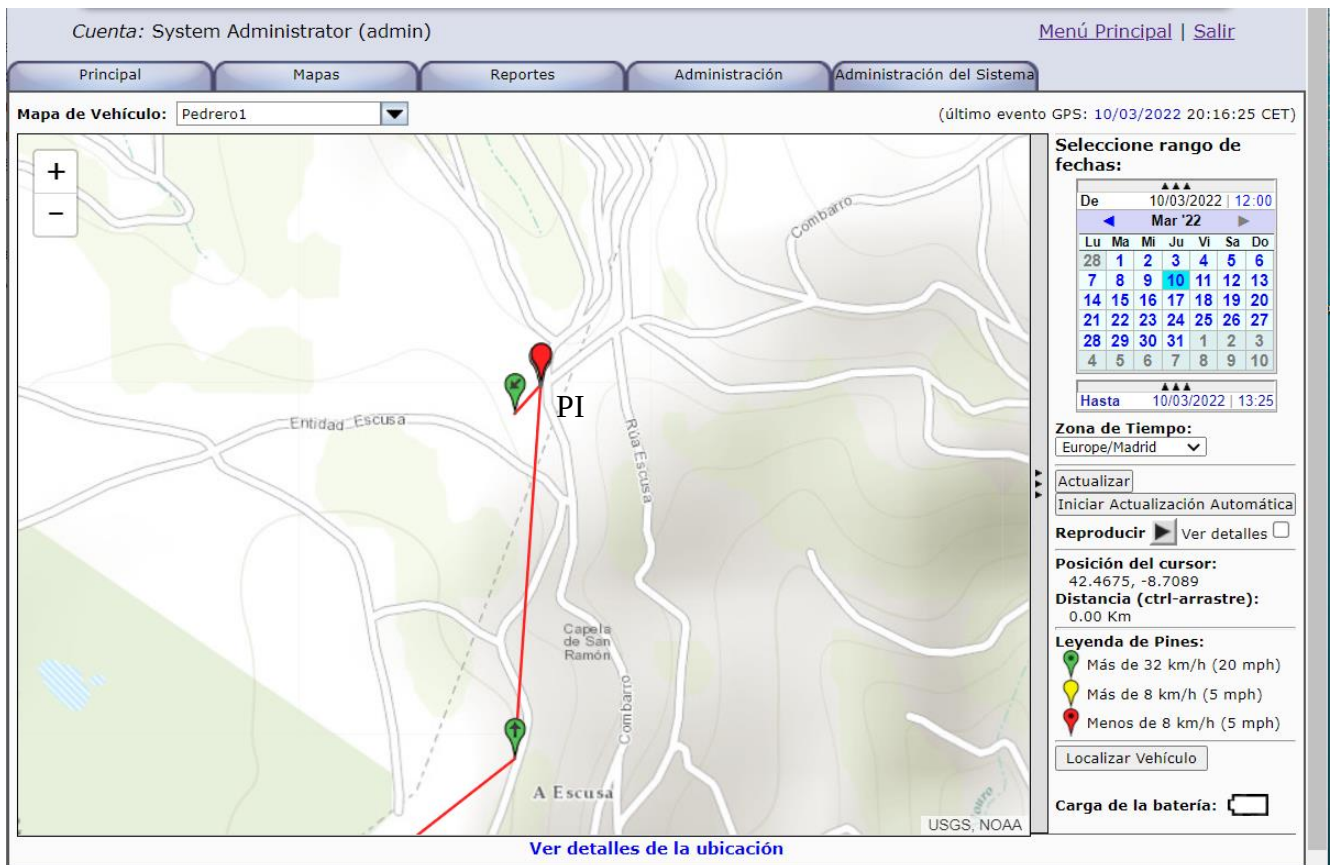


Figura 4-9 Llegada al punto inicial del dispositivo TK905 (Pedrero1)

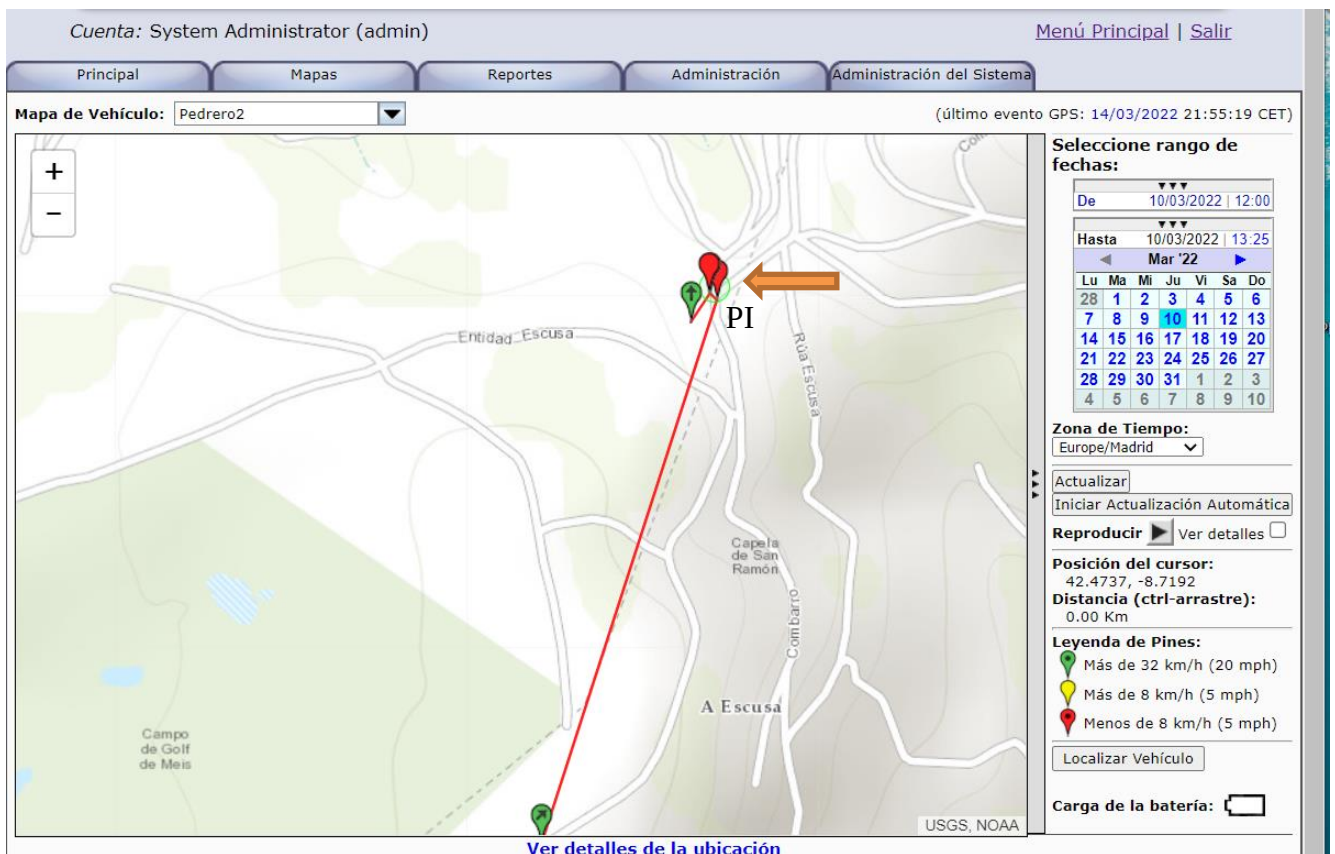


Figura 4-10 Llegada al punto inicial del dispositivo TK102-2_1 (Pedrero2)

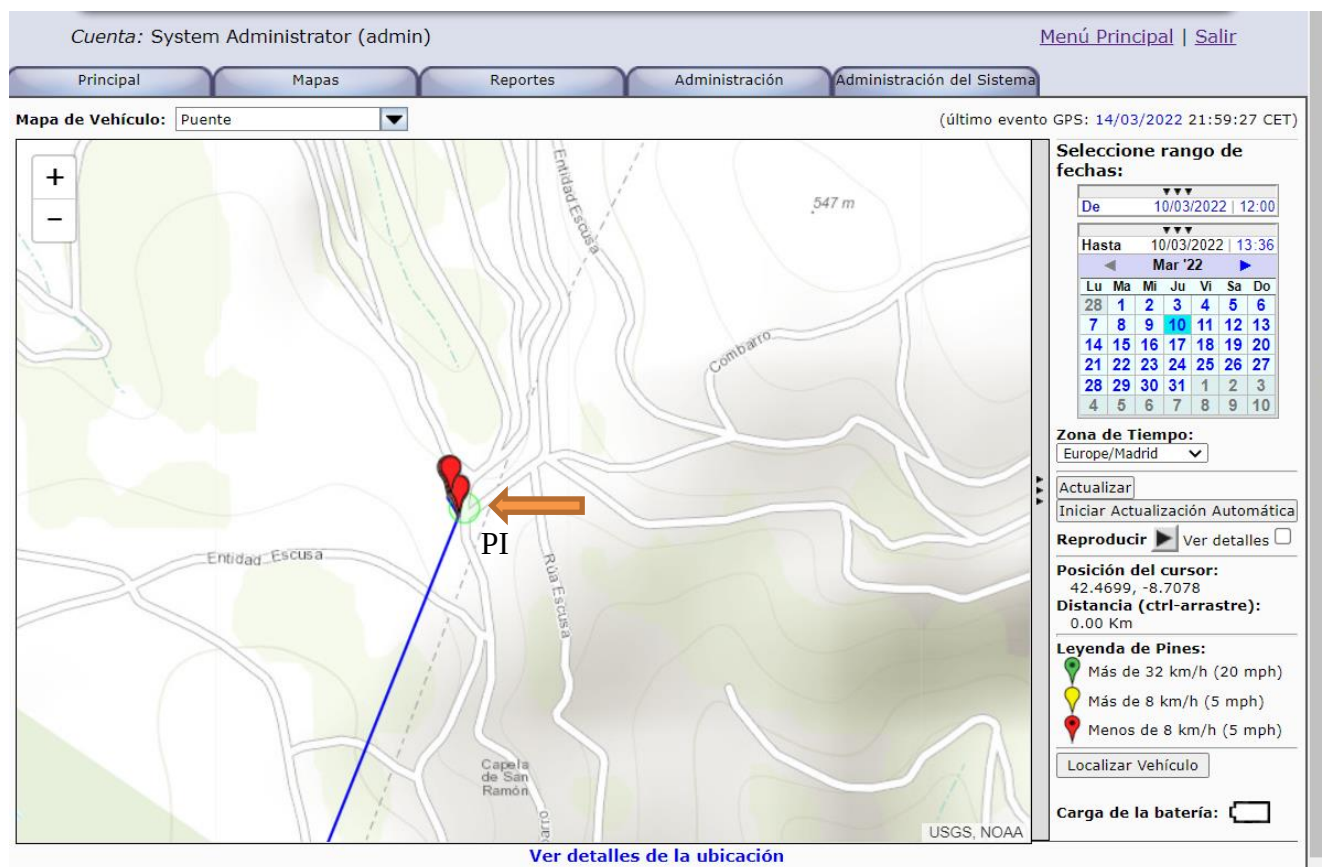


Figura 4-11 Llegada al punto inicial del dispositivo TK102-2_2 (Puente)

Además, si generamos un informe de los dispositivos TK102-2 (Figura 4-13 y Figura 4-14) vemos cómo se indica que el alumno ha entrado en la geozona que corresponde con dicho punto en ambos casos, mientras que en el informe del dispositivo TK905 (Figura 4-12) tan solo se muestra la dirección aproximada en la que se encuentra el dispositivo, sin hacer ninguna referencia a la geozona.

58	10/03/2022	12:56:06	Ningún	42.51883/-8.66723	0	0	Autovía do Salmés, Barro, Galicia, ES
59	10/03/2022	12:57:06	Ningún	42.51887/-8.66748	7.2	0	Autovía do Salmés, Barro, Galicia, ES
60	10/03/2022	12:58:05	Ningún	42.51883/-8.67882	103.2	50	S/N PI Outeda-curro, Barro, Pontevedra, ES
61	10/03/2022	12:58:06	Ningún	42.51872/-8.67913	103.4	50	S/N PI Outeda-curro, Barro, Pontevedra, ES
62	10/03/2022	12:59:05	Ningún	42.51403/-8.69770	96.7	0	S/N Lg Nogueiro De Abaixo-s Tome, Meis, Pontevedra, ES
63	10/03/2022	13:00:04	Ningún	42.50774/-8.71437	98.2	50	Autovía do Salmés, Meis, Pontevedra, ES
64	10/03/2022	13:01:04	Ningún	42.49827/-8.72651	94.7	0	7 Lg Redondelo (o)-meis, Meis, Pontevedra, ES
65	10/03/2022	13:02:03	Ningún	42.49809/-8.74721	94.6	0	15D Lg Bouza (a)-s Martiño, Meis, Pontevedra, ES
66	10/03/2022	13:03:03	Ningún	42.49331/-8.76048	52.2	50	Autovía do Salmés, Ribadumia, Galicia, ES
67	10/03/2022	13:04:03	Ningún	42.49218/-8.75942	25.2	NE	S/N Ru Iglesia-barrantes, Ribadumia, Pontevedra, ES
68	10/03/2022	13:05:02	Ningún	42.49025/-8.75595	41.2	E	S/N Lg Cabeza De Boi-armenteira, Meis, Pontevedra, ES
69	10/03/2022	13:06:02	Ningún	42.48769/-8.75341	41.2	E	S/N Lg Cabeza De Boi-armenteira, Meis, Pontevedra, ES
70	10/03/2022	13:07:01	Ningún	42.48456/-8.74875	43.7	E	EP-9405, Meis, Pontevedra, ES
71	10/03/2022	13:08:01	Ningún	42.47958/-8.74722	42.7	S	26 Lg Couso-armenteira (a), Meis, Pontevedra, ES
72	10/03/2022	13:09:00	Ningún	42.47414/-8.74805	38.5	S	S/N Lg Couso-armenteira (a), Meis, Pontevedra, ES
73	10/03/2022	13:10:00	Ningún	42.46820/-8.74557	57.4	SE	50 Lg San Mamede-armenteira (a), Meis, Pontevedra, ES
74	10/03/2022	13:11:00	Ningún	42.46217/-8.74450	50.4	50	S/N Lg Caroi-armenteira (a), Meis, Pontevedra, ES
75	10/03/2022	13:11:59	Ningún	42.45515/-8.74834	50.7	50	S/N Lg Valboa-armenteira (a), Meis, Pontevedra, ES
76	10/03/2022	13:13:58	Ningún	42.44994/-8.74127	60.9	NE	S/N Lg Busto (o)-armenteira (a), Meis, Pontevedra, ES
77	10/03/2022	13:16:57	Ningún	42.46306/-8.71692	49.3	NE	CF-102, Poio, Pontevedra, ES
78	10/03/2022	13:17:57	Ningún	42.46776/-8.70880	56.1	N	24A Cm Escusa-san Xoan, Poio, Pontevedra, ES
79	10/03/2022	13:18:56	Ningún	42.47203/-8.70838	0	0	antenas cde astrove, Poio, Galicia, ES
80	10/03/2022	13:19:28	Ningún	42.47204/-8.70840	0	0	antenas cde astrove, Poio, Galicia, ES
81	10/03/2022	13:19:56	Ningún	42.47205/-8.70841	0	0	antenas cde astrove, Poio, Galicia, ES
82	10/03/2022	13:20:55	Ningún	42.47207/-8.70839	0	0	antenas cde astrove, Poio, Galicia, ES
83	10/03/2022	13:21:55	Ningún	42.47206/-8.70838	0	0	antenas cde astrove, Poio, Galicia, ES
84	10/03/2022	13:22:30	Ningún	42.47207/-8.70837	0	0	antenas cde astrove, Poio, Galicia, ES
85	10/03/2022	13:22:54	Ningún	42.47207/-8.70838	0	0	antenas cde astrove, Poio, Galicia, ES

Figura 4-12 Informe del punto inicial del dispositivo TK905 (Pedrero1)

15	10/03/2022	12:33:35	Ubicación	42.39565/-8.70606	0	0	1	
16	10/03/2022	12:35:35	Ubicación	42.39565/-8.70607	0	0	1	
17	10/03/2022	12:37:35	Ubicación	42.39373/-8.70304	0	0	2	
18	10/03/2022	12:39:35	En Movimiento	42.39330/-8.69591	37.8 NE	0	2	
19	10/03/2022	12:41:35	En Movimiento	42.39996/-8.68931	96.5 NE	0	3	
20	10/03/2022	12:43:35	En Movimiento	42.41582/-8.67087	87.4 NE	0	6	
21	10/03/2022	12:45:35	En Movimiento	42.41335/-8.65480	90.9 E	0	7	
22	10/03/2022	12:47:35	En Movimiento	42.42662/-8.65469	150.2 NO	0	8	
23	10/03/2022	12:49:35	En Movimiento	42.45098/-8.64848	173.5 N	0	11	
24	10/03/2022	12:51:35	En Movimiento	42.47596/-8.66000	157.8 N	0	14	
25	10/03/2022	12:53:35	En Movimiento	42.50087/-8.65262	137.2 NO	0	17	
26	10/03/2022	12:55:35	En Movimiento	42.51877/-8.66699	45.6 O	0	19	
27	10/03/2022	12:57:35	En Movimiento	42.51919/-8.67067	102.2 O	0	20	
28	10/03/2022	12:59:35	En Movimiento	42.51221/-8.70650	191.5 SO	0	23	
29	10/03/2022	13:01:35	En Movimiento	42.49801/-8.73743	197.6 O	0	26	
30	10/03/2022	13:03:35	En Movimiento	42.49205/-8.76162	53.9 SO	0	28	
31	10/03/2022	13:05:35	En Movimiento	42.48805/-8.75509	59.6 S	0	28	
32	10/03/2022	13:07:35	En Movimiento	42.48237/-8.74718	79.5 SE	0	29	
33	10/03/2022	13:09:35	En Movimiento	42.47061/-8.74723	80.4 SE	0	31	
34	10/03/2022	13:11:35	En Movimiento	42.45814/-8.74612	103.0 S	0	32	
35	10/03/2022	13:13:35	En Movimiento	42.44876/-8.74519	89.8 NE	0	33	
36	10/03/2022	13:17:35	En Movimiento	42.46579/-8.71100	90.9 NE	0	36	
37	10/03/2022	13:19:35	Ubicación	42.47205/-8.70826	0	0	37	
38	10/03/2022	13:21:35	Ubicación	42.47212/-8.70837	0	0	37	
39	10/03/2022	13:23:35	Ubicación	42.47213/-8.70838	0	0	37	
40	10/03/2022	13:25:33	Salida	42.47180/-8.70866	5.0 N	0	37	Custom Zone pi
41	10/03/2022	13:27:35	Ubicación	42.47129/-8.70838	0	0	37	
42	10/03/2022	13:29:35	Ubicación	42.47129/-8.70834	0	0	37	

Figura 4-13 Informe del punto inicial del dispositivo TK102-2_1 (Pedrero2)

17	10/03/2022	12:37:28	Ubicación	42.39375/-8.70305	0	0	4	
18	10/03/2022	12:39:28	En Movimiento	42.39322/-8.69613	45.7 NE	0	5	
19	10/03/2022	12:41:28	En Movimiento	42.39966/-8.68988	81.5 NE	0	5	
20	10/03/2022	12:43:28	En Movimiento	42.41524/-8.67167	97.0 NE	0	8	
21	10/03/2022	12:45:28	En Movimiento	42.41310/-8.65604	90.4 E	0	9	
22	10/03/2022	12:47:28	En Movimiento	42.42562/-8.65342	138.3 NO	0	10	
23	10/03/2022	12:49:28	En Movimiento	42.44940/-8.64944	185.0 NO	0	13	
24	10/03/2022	12:51:28	En Movimiento	42.47437/-8.66001	159.5 N	0	16	
25	10/03/2022	12:53:28	En Movimiento	42.49963/-8.65184	140.6 NO	0	19	
26	10/03/2022	12:55:28	En Movimiento	42.51852/-8.66602	98.0 O	0	21	
27	10/03/2022	12:57:28	En Movimiento	42.51908/-8.66957	76.7 O	0	22	
28	10/03/2022	12:59:28	En Movimiento	42.51327/-8.70451	179.3 SO	0	25	
29	10/03/2022	13:01:28	En Movimiento	42.49804/-8.73494	197.6 O	0	28	
30	10/03/2022	13:03:28	En Movimiento	42.49233/-8.76116	27.2 SO	0	30	
31	10/03/2022	13:05:28	En Movimiento	42.48936/-8.75502	41.7 S	0	30	
32	10/03/2022	13:07:28	En Movimiento	42.48263/-8.74615	62.4 SE	0	31	
33	10/03/2022	13:09:28	En Movimiento	42.47131/-8.74786	79.1 SE	0	33	
34	10/03/2022	13:11:28	En Movimiento	42.45878/-8.74565	92.6 SE	0	34	
35	10/03/2022	13:13:28	En Movimiento	42.44819/-8.74595	88.5 NE	0	35	
36	10/03/2022	13:17:28	En Movimiento	42.46529/-8.71208	85.0 NE	0	39	
37	10/03/2022	13:19:28	Ubicación	42.47207/-8.70840	0	0	39	
38	10/03/2022	13:21:28	Ubicación	42.47211/-8.70838	0	0	39	
39	10/03/2022	13:23:28	Ubicación	42.47212/-8.70838	0	0	39	
40	10/03/2022	13:25:26	Salida	42.47230/-8.70852	7.6 O	0	40	Custom Zone pi
41	10/03/2022	13:27:28	Ubicación	42.47232/-8.70855	0	0	40	
42	10/03/2022	13:29:28	Ubicación	42.47233/-8.70855	0	0	40	
43	10/03/2022	13:31:28	Ubicación	42.47233/-8.70853	0	0	40	
44	10/03/2022	13:33:28	Ubicación	42.47234/-8.70852	0	0	40	

Figura 4-14 Informe del punto inicial del dispositivo TK102-2_2 (Puente)

Una vez en el punto inicial, comienza el ejercicio topográfico como tal. A partir de ahí los alumnos se deben dirigir al primer punto de su recorrido. Desde la interfaz web podemos seguir el movimiento de los alumnos en tiempo real.

En el caso del alumno que porta un dispositivo de cada tipo podemos observar en su ruta cómo se dirige hacia su primer punto (E5), el cual no llega a encontrar y pasa a dirigirse al segundo (V1) como se ve en la Figura 4-15. De camino a este segundo punto, pasa por el V2 que se encuentra en las proximidades, como se observa en la Figura 4-16. En dicho punto, el alumno parece darse cuenta de que no es el punto que le corresponde y rectifica su itinerario hasta llegar al punto correspondiente, el V1. Esto también lo podemos comprobar en el informe generado mostrado en la Figura 4-17.

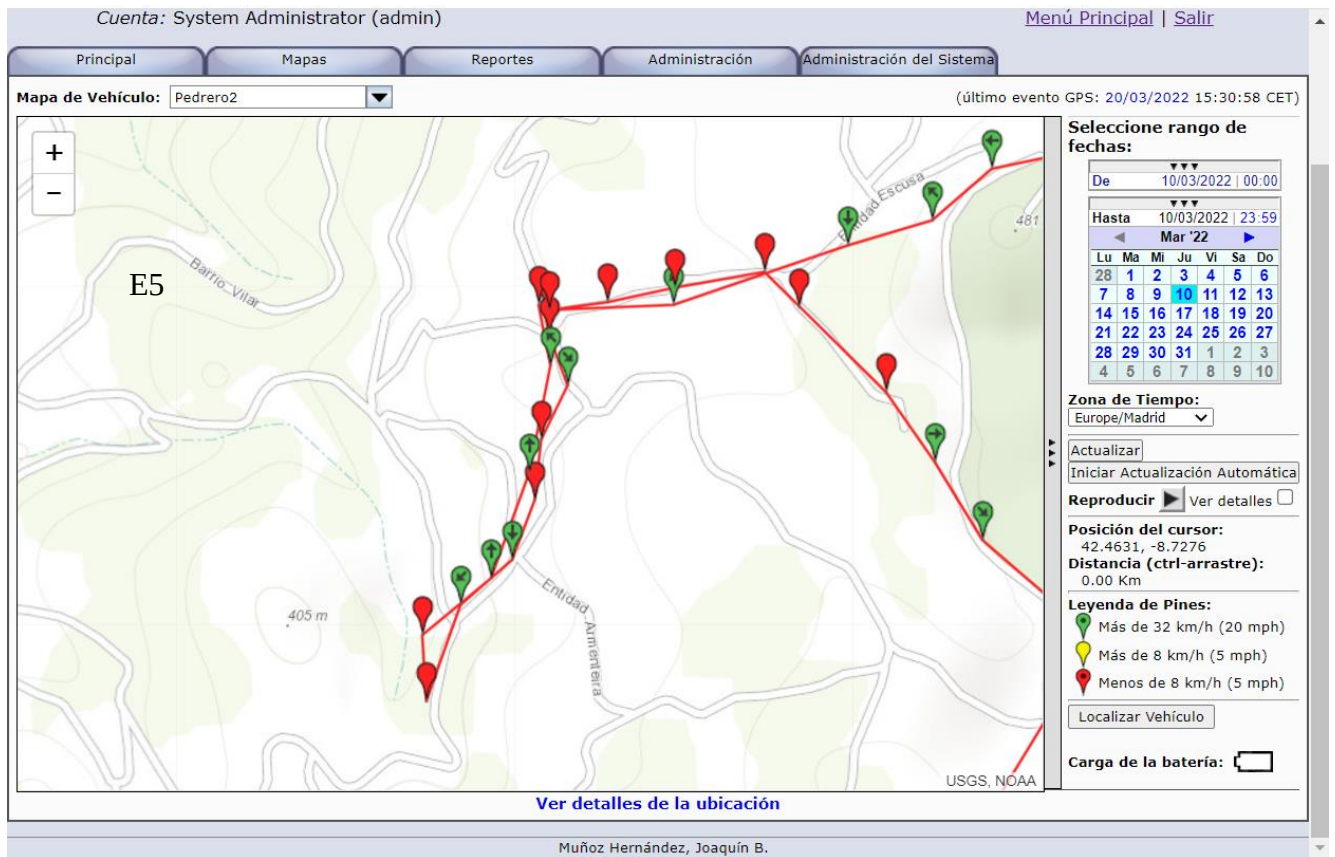


Figura 4-15 Punto E5 del dispositivo TK102-2_1 (Pedrero2)

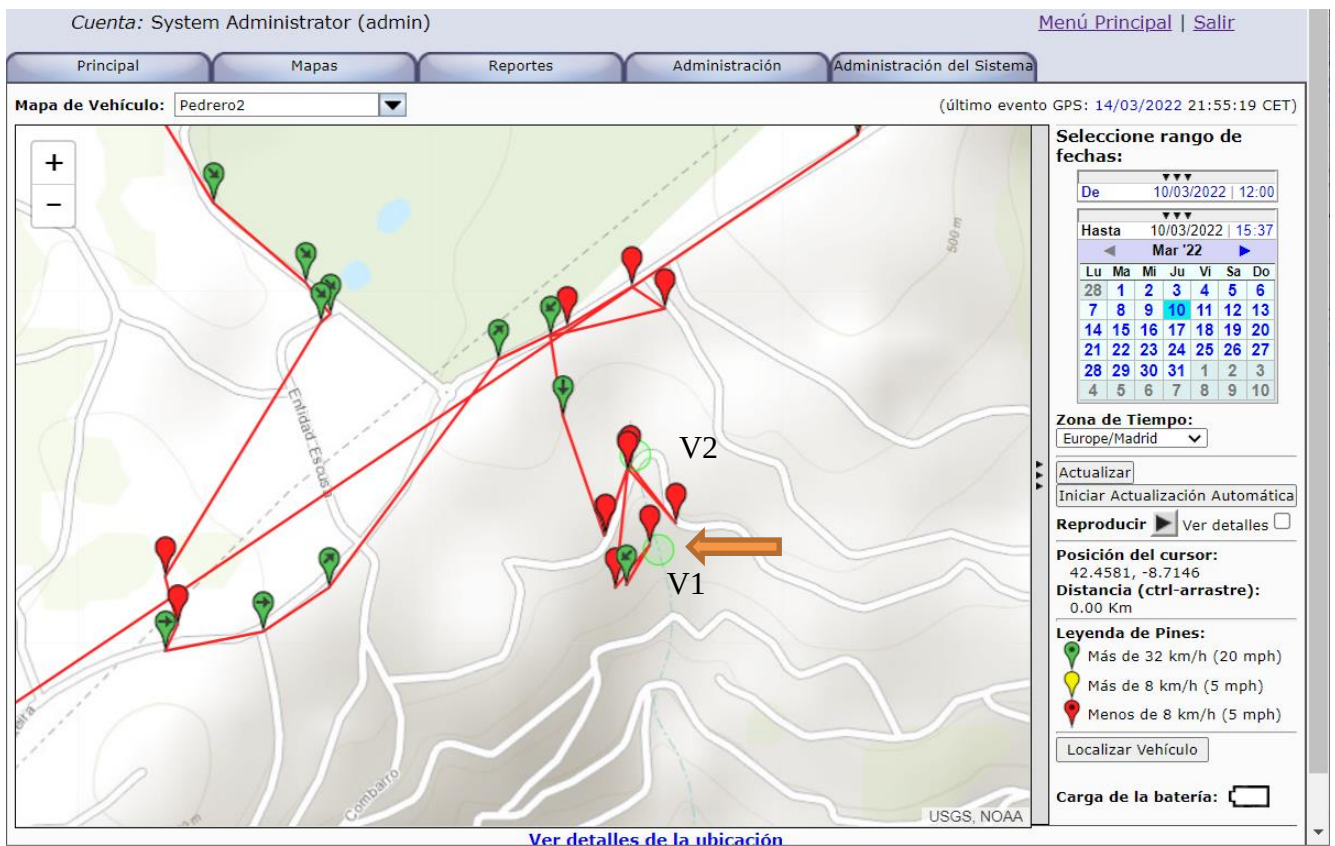


Figura 4-16 Punto V1 del dispositivo TK102-2_1 (Pedrero2)

81	10/03/2022	14:53:35	Ubicación	42.46089/-8.72180	0	0	42	
82	10/03/2022	14:55:35	Ubicación	42.46015/-8.72159	0	0	42	
83	10/03/2022	14:57:35	En Movimiento	42.45984/-8.72179	10.2 E	0	42	
84	10/03/2022	14:59:35	En Movimiento	42.46007/-8.72027	2.4 E	0	42	
85	10/03/2022	15:01:35	En Movimiento	42.46057/-8.71924	4.4 NE	0	42	
86	10/03/2022	15:09:35	En Movimiento	42.46321/-8.71660	11.5 NE	0	42	
87	10/03/2022	15:11:35	Ubicación	42.46358/-8.71553	0	0	42	
88	10/03/2022	15:13:35	Ubicación	42.46405/-8.71453	0	0	42	
89	10/03/2022	15:15:35	Ubicación	42.46378/-8.71400	0	0	42	
90	10/03/2022	15:17:35	En Movimiento	42.46347/-8.71578	11.3 SO	0	43	
91	10/03/2022	15:19:35	En Movimiento	42.46255/-8.71559	11.5 S	0	43	
92	10/03/2022	15:21:35	Ubicación	42.46118/-8.71496	0	0	43	
93	10/03/2022	15:23:35	Ubicación	42.46119/-8.71493	0	0	43	
94	10/03/2022	15:25:34	Llegada	42.46195/-8.71458	3.0 N	0	43	Custom Zone v2
95	10/03/2022	15:27:33	Salida	42.46132/-8.71383	0	0	43	Custom Zone v2
96	10/03/2022	15:29:34	Llegada	42.46199/-8.71454	0	0	43	Custom Zone v2
97	10/03/2022	15:31:33	Salida	42.46191/-8.71458	0	0	43	Custom Zone v2
98	10/03/2022	15:33:35	Ubicación	42.46057/-8.71479	0	0	43	
99	10/03/2022	15:35:34	Llegada	42.46107/-8.71425	0	0	43	Custom Zone v1
100	10/03/2022	15:37:33	Salida	42.46061/-8.71460	8.7 SO	0	43	Custom Zone v1
101	10/03/2022	15:39:35	En Movimiento	42.46153/-8.71516	7.6 N	0	44	
102	10/03/2022	15:41:35	En Movimiento	42.46292/-8.71578	9.3 N	0	44	
103	10/03/2022	15:43:35	En Movimiento	42.46402/-8.71472	9.3 NE	0	44	
104	10/03/2022	15:45:35	En Movimiento	42.46489/-8.71290	10.0 NE	0	44	
105	10/03/2022	15:47:35	Ubicación	42.46546/-8.71146	0	0	44	
106	10/03/2022	15:49:35	Ubicación	42.46640/-8.70965	0	0	44	

Figura 4-17 Informe del punto V1 del dispositivo TK102-2_2 (Pedrero2)

Por su parte, el otro alumno sale del punto inicial y se dirige a su primer punto, el L4. Parece tener algún problema de orientación en el recorrido, pero finalmente llega al punto como queda reflejado en la Figura 4-18 y la Figura 4-19.

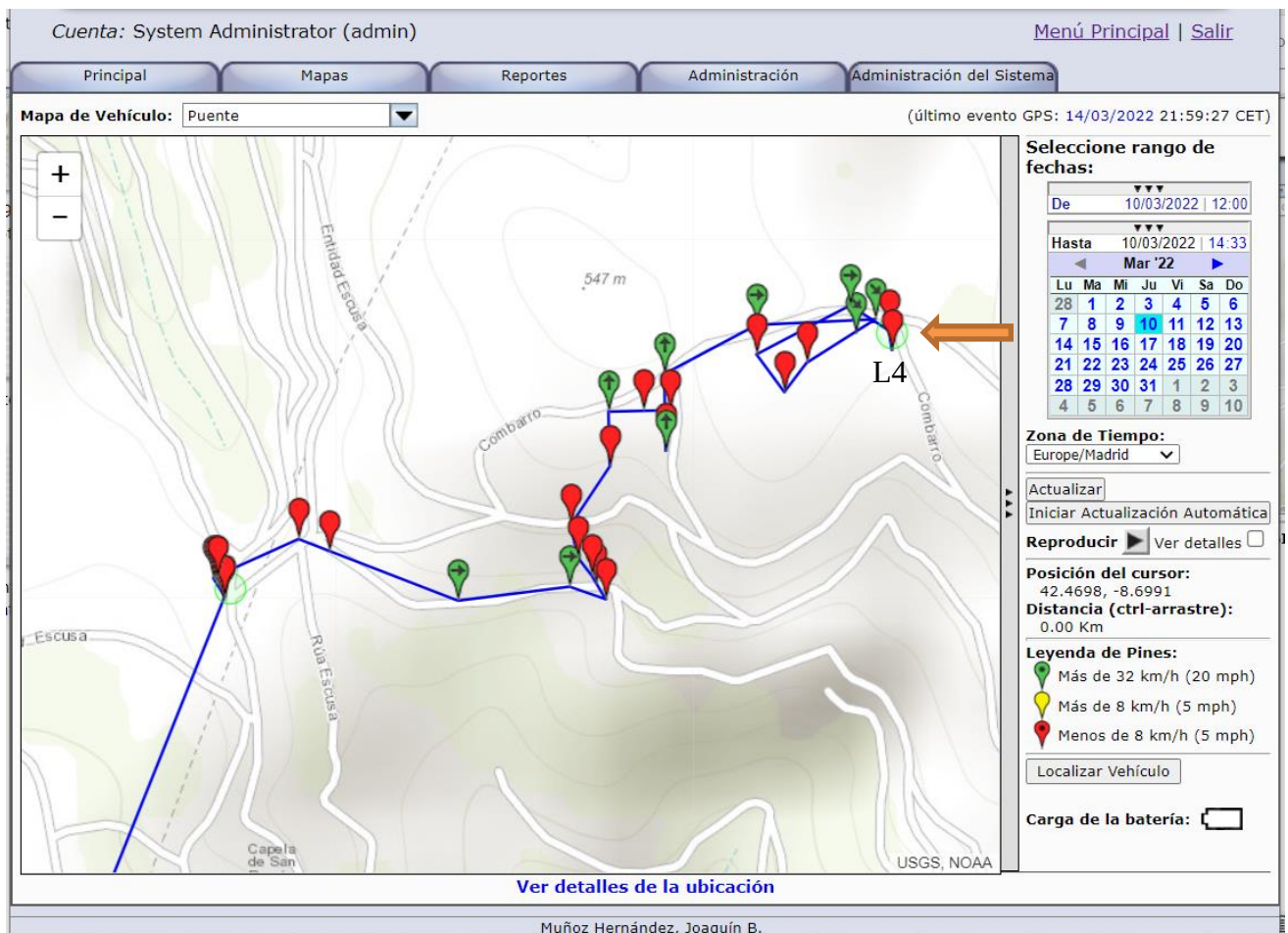


Figura 4-18 Punto L4 del dispositivo TK102-2_2 (Puente)

51	10/03/2022	13:47:28	Ubicación	42.47209/-8.70252	0	0	40	
52	10/03/2022	13:49:28	Ubicación	42.47225/-8.70268	0	0	40	
53	10/03/2022	13:51:28	Ubicación	42.47234/-8.70275	0	0	40	
54	10/03/2022	13:53:28	Ubicación	42.47255/-8.70296	0	0	40	
55	10/03/2022	13:55:28	Ubicación	42.47292/-8.70305	0	0	40	
56	10/03/2022	13:57:28	Ubicación	42.47359/-8.70246	0	0	40	
57	10/03/2022	13:59:28	En Movimiento	42.47420/-8.70248	5.2 N	0	40	
58	10/03/2022	14:01:28	Ubicación	42.47421/-8.70195	0	0	40	
59	10/03/2022	14:03:28	Ubicación	42.47422/-8.70154	0	0	40	
60	10/03/2022	14:05:28	Ubicación	42.47384/-8.70160	0	0	40	
61	10/03/2022	14:07:28	En Movimiento	42.47376/-8.70160	9.3 N	0	40	
62	10/03/2022	14:09:28	En Movimiento	42.47463/-8.70162	3.5 N	0	41	
63	10/03/2022	14:11:28	En Movimiento	42.47519/-8.70021	9.3 E	0	41	
64	10/03/2022	14:13:28	En Movimiento	42.47525/-8.69838	4.6 SE	0	41	
65	10/03/2022	14:15:28	En Movimiento	42.47508/-8.69868	3.3 SE	0	41	
66	10/03/2022	14:17:28	Ubicación	42.47476/-8.69944	0	0	41	
67	10/03/2022	14:19:28	Ubicación	42.47443/-8.69977	0	0	41	
68	10/03/2022	14:27:28	Ubicación	42.47486/-8.70021	0	0	41	
69	10/03/2022	14:29:28	En Movimiento	42.47540/-8.69878	7.2 E	0	41	
70	10/03/2022	14:31:27	Llegada	42.47512/-8.69816	0	0	41	Custom Zone I4
71	10/03/2022	14:33:26	Salida	42.47491/-8.69812	0	0	41	Custom Zone I4
72	10/03/2022	14:35:28	Ubicación	42.47538/-8.69895	0	0	41	
73	10/03/2022	14:37:28	Ubicación	42.47540/-8.69897	0	0	41	
74	10/03/2022	14:39:28	En Movimiento	42.47578/-8.69861	3.3 N	0	41	
75	10/03/2022	14:41:28	En Movimiento	42.47662/-8.69759	10.2 E	0	41	
76	10/03/2022	14:43:28	Ubicación	42.47709/-8.69644	0	0	42	

Figura 4-19 Informe del punto L4 del dispositivo TK102-2_2 (Puente)

Tras la realización de los primeros puntos por parte de cada alumno, los dispositivos TK102-2 dejan de enviar señal al servidor a las 15:51 tras ser encendidos a las 12:00. El dispositivo TK905 que portaba uno de los alumnos sigue transmitiendo durante el resto del recorrido, pero como se ha mencionado anteriormente solo transmite la posición junto con una localización genérica sin reflejar cuándo el alumno entra o sale de alguna de las geozonas creadas.

De igual manera, se les pidió a los alumnos que durante el ejercicio pulsaran el botón SOS para comprobar su funcionamiento. Al pulsar el alumno el botón, esta acción queda reflejada en el informe (Figura 4-20) como un envío de datos en el que se ha registrado el encendido de una entrada.

Detalle de eventos								
TK103_2 [3]								
'2022/02/05 00:00:01' hasta '2022/02/05 23:59:01' [GMT]								
Actualizar Mapa								
#	Fecha	Hora	Estado	Lat/Lon	Velocidad km/h	Altitud metros	Odómetro Km	Dirección
1	2022/02/05	18:10:22	Ubicación	42.39605/-8.70788	0	0		
2	2022/02/05	18:10:22	Entrada encendida 7	42.39605/-8.70788	0	0		
3	2022/02/05	18:21:35	Ubicación	42.39583/-8.70777	0	0	0	
4	2022/02/05	18:23:35	Ubicación	42.39601/-8.70787	0	0	0	
5	2022/02/05	18:28:10	Ubicación	42.39606/-8.70800	0	0	0	
6	2022/02/05	18:30:10	Ubicación	42.39606/-8.70799	0	0	0	
7	2022/02/05	18:32:10	Ubicación	42.39606/-8.70799	0	0	0	
8	2022/02/05	18:34:10	Ubicación	42.39603/-8.70796	0	0	0	
9	2022/02/05	18:36:10	Ubicación	42.39600/-8.70798	0	0	0	
10	2022/02/05	18:38:10	Ubicación	42.39600/-8.70798	0	0	0	
11	2022/02/05	18:40:10	Ubicación	42.39601/-8.70799	0	0	0	
12	2022/02/05	18:42:10	Ubicación	42.39601/-8.70798	0	0	0	
13	2022/02/05	18:44:10	Ubicación	42.39601/-8.70796	0	0	0	
14	2022/02/05	18:46:10	Ubicación	42.39600/-8.70799	0	0	0	
15	2022/02/05	18:48:10	Ubicación	42.39601/-8.70796	0	0	0	
16	2022/02/05	18:50:10	Ubicación	42.39602/-8.70796	0	0	0	
17	2022/02/05	18:52:10	Ubicación	42.39603/-8.70796	0	0	0	
18	2022/02/05	18:54:10	Ubicación	42.39604/-8.70796	0	0	0	
19	2022/02/05	18:56:10	Ubicación	42.39604/-8.70797	0	0	0	
20	2022/02/05	18:58:10	Ubicación	42.39605/-8.70798	0	0	0	
21	2022/02/05	19:00:10	Ubicación	42.39606/-8.70799	0	0	0	
22	2022/02/05	19:02:10	Ubicación	42.39606/-8.70798	0	0	0	
23	2022/02/05	19:04:10	Ubicación	42.39603/-8.70797	0	0	0	
24	2022/02/05	19:06:10	Ubicación	42.39604/-8.70796	0	0	0	
25	2022/02/05	19:08:10	Ubicación	42.39603/-8.70796	0	0	0	
26	2022/02/05	19:10:10	Ubicación	42.39600/-8.70799	0	0	0	

Figura 4-20 Informe donde se refleja la pulsación del botón SOS

Tras la finalización del ejercicio, visualizamos el recorrido completo de uno de ellos generado por el TK905 (Figura 4-21) y los recorridos parciales de ambos alumnos generados por los dispositivos TK102-2 (Figura 4-22 y Figura 4-23).

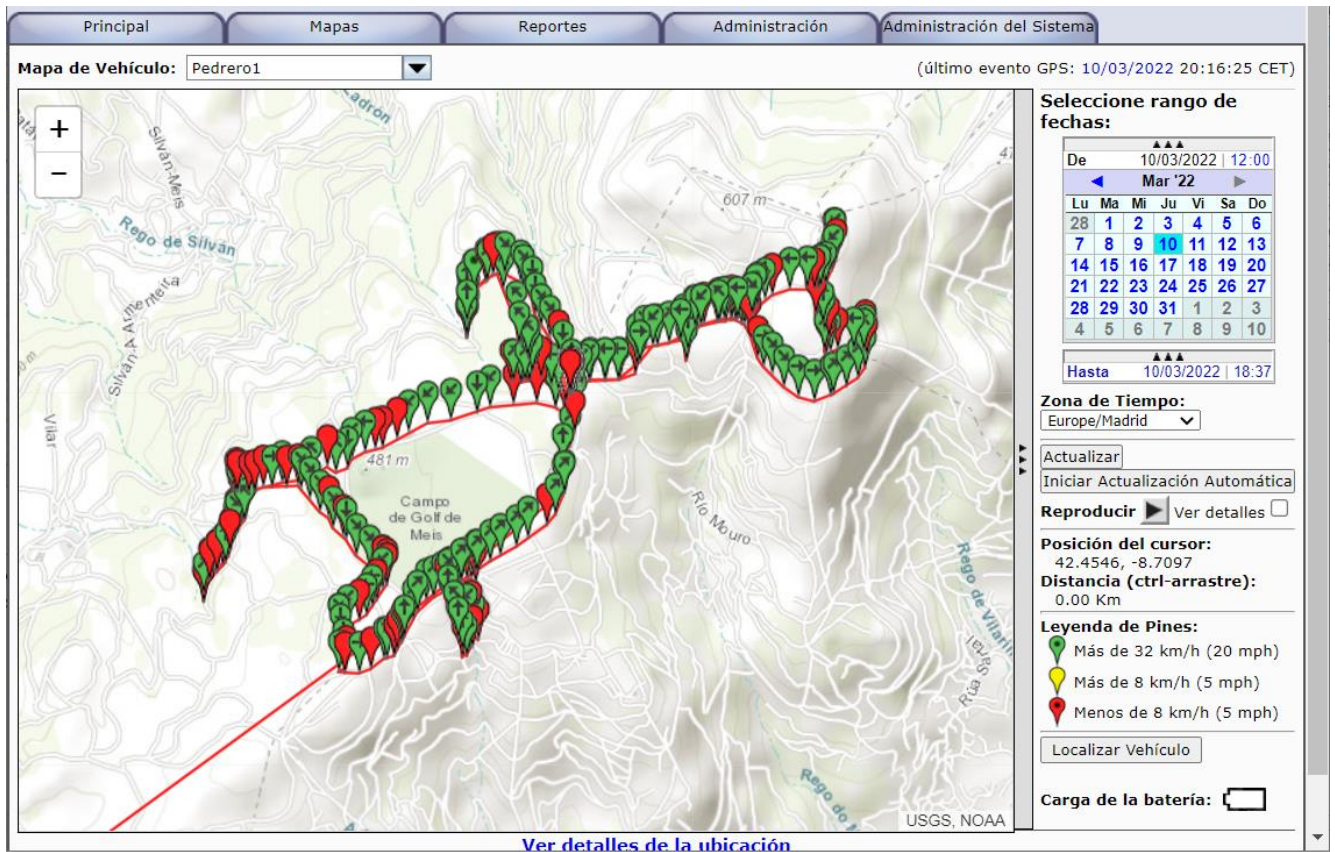


Figura 4-21 Recorrido total del dispositivo TK905 (Pedrero1)

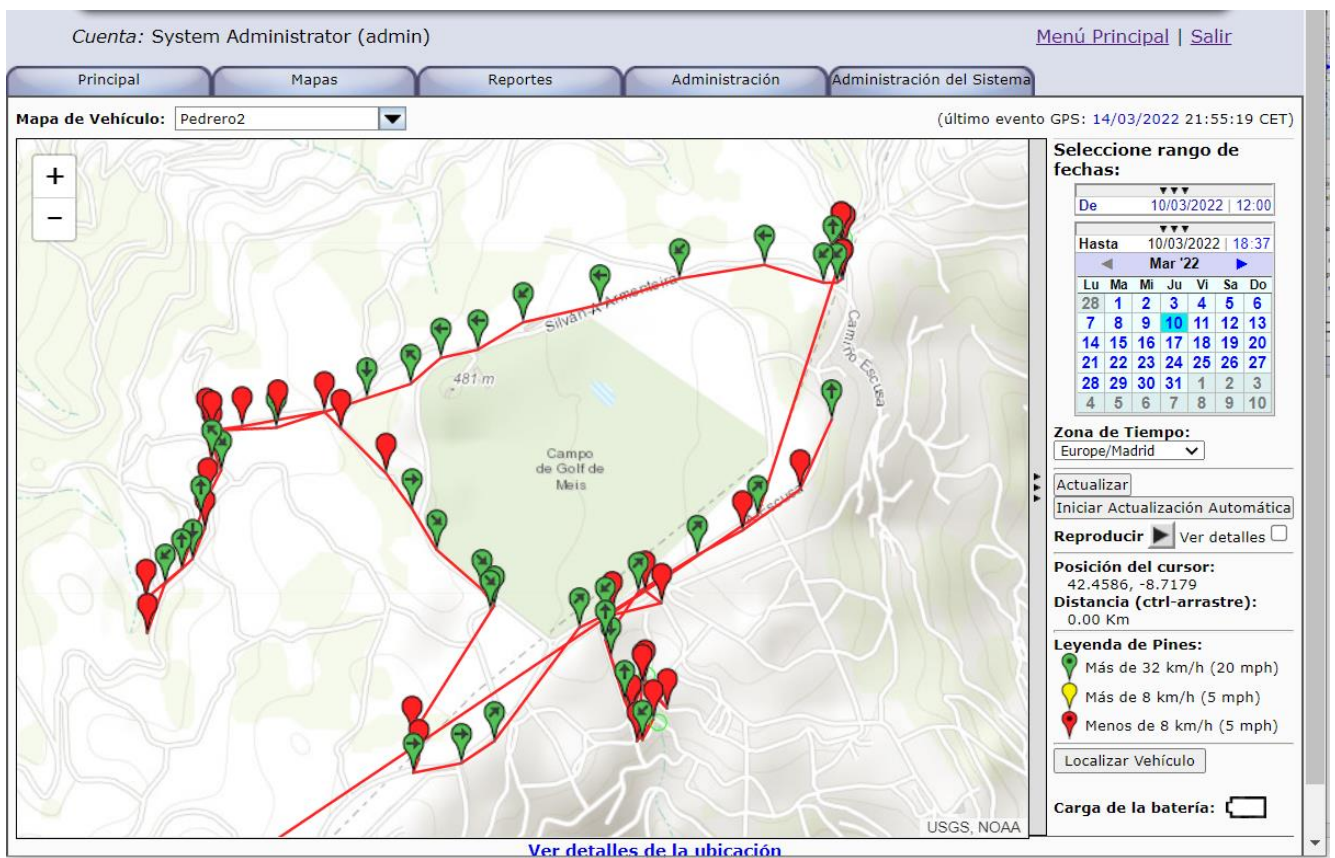


Figura 4-22 Recorrido parcial del dispositivo TK102-2_1 (Pedrero2)

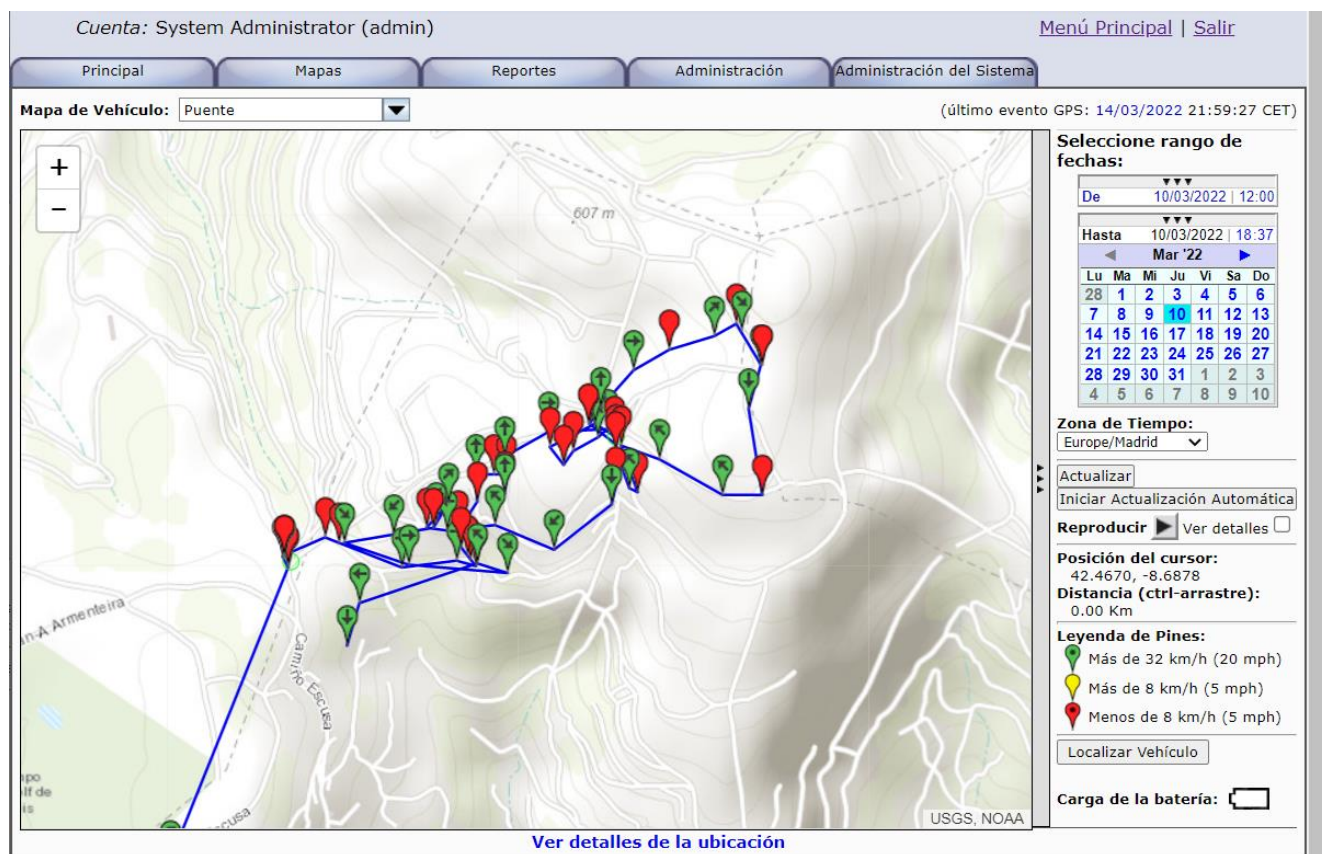


Figura 4-23 Recorrido parcial del dispositivo TK102-2_2 (Puente)

4.3 Procesado de datos

Una vez finalizado el ejercicio, tenemos acceso a los datos y podemos comprobar la ejecución del ejercicio de varias maneras diferentes.

4.3.1 Informes

Como ya se ha ido viendo a lo largo del seguimiento del ejercicio en tiempo real, la aplicación nos permite generar informes de los datos del dispositivo en diferentes formatos (HTML, CSV y XML). Tras la finalización del ejercicio, el profesorado puede acceder a estos informes completos de los dispositivos para, de esta manera, comprobar si el alumno ha sido capaz de llegar a los puntos que le habían sido asignados.

4.3.2 Sistema de Información Geográfica (SIG)

Tras la finalización del ejercicio, existe la posibilidad de exportar la ruta del alumno en formato GPX para poder ser tratada o visualizada en un Sistema de Información Geográfica. Para ello se accederá a la siguiente URL con los parámetros que se indican a continuación:

https://193.146.212.187:8080/events/data.gpx?a=sysadmin&p=*****&d=1&rf=2022/03/10/13:00:00&rt=2022/03/10/18:00:00

[https://IP_SERVIDOR:8080/events/data."formato_requerido"?a=cuenta"&p=contraseña"&d=dispositivo"&rf=fecha_hora_inicio"&rt=fecha_hora_fin](https://IP_SERVIDOR:8080/events/data.)

De esta manera se accederá a una página en la que se nos muestran las posiciones GPS del dispositivo en el intervalo de tiempo seleccionado como se observa en la Figura 4-24.

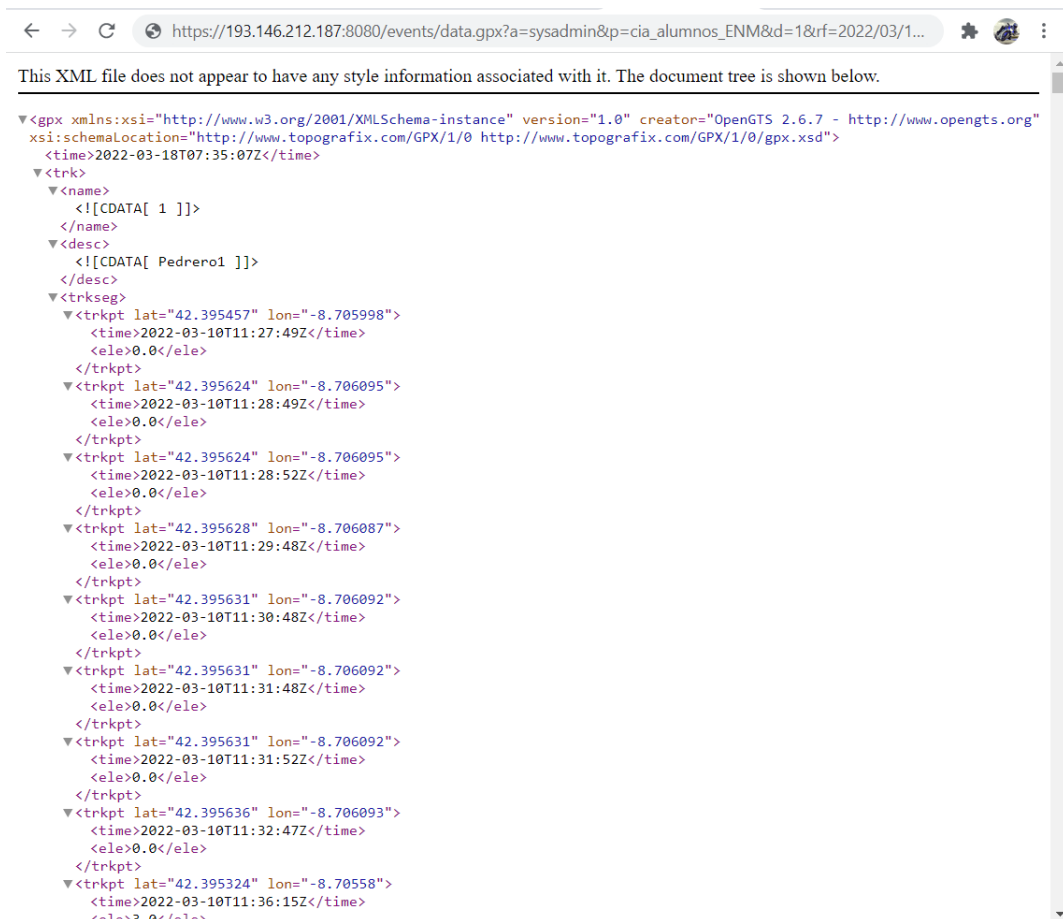


Figura 4-24 Archivo XML con las posiciones GPS

Desde esa página, haciendo click con el botón derecho, seleccionamos *Guardar como...* y se abre la ventana mostrada en la Figura 4-25. En *Nombre:* pondremos el nombre del alumno seguido de la extensión .gpx y en *Tipo:* seleccionaremos “Todos los archivos”, de esta manera hacemos click en *Guardar* y se descargará el archivo GPX con la ruta del alumno en el ejercicio topográfico.

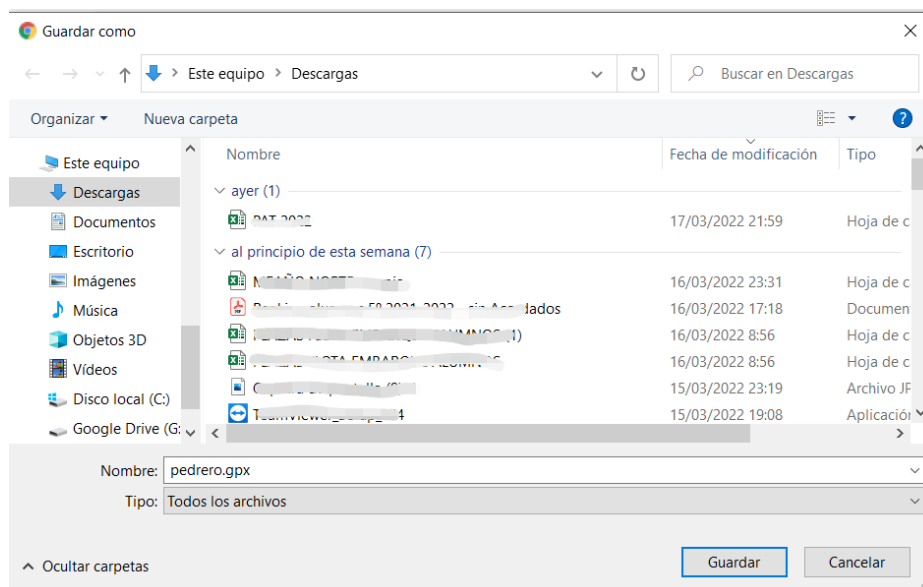


Figura 4-25 Guardar archivo GPX

Finalmente, podemos usar ese archivo para visualizar la ruta en un Sistema de Información Geográfico como el visualizador geográfico Iberpix [43] del Instituto Geográfico Nacional y comprobar de manera manual el recorrido del alumno y si ha llegado a los diferentes puntos (Figura 4-26).

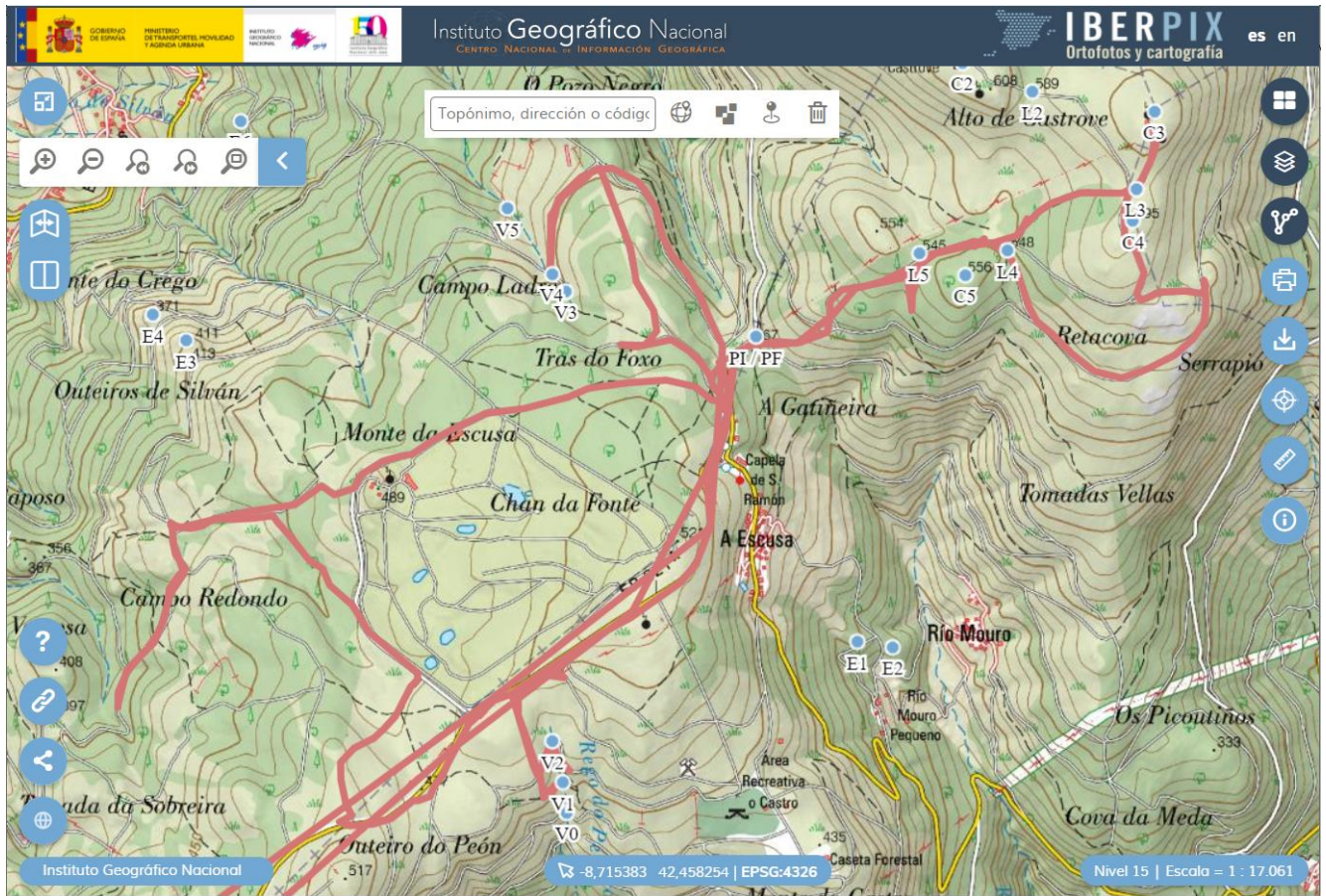


Figura 4-26 Ruta del alumno junto con los puntos en Iberpix

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En el presente capítulo se expondrá una valoración del grado de cumplimiento de los objetivos iniciales planteados en el primer capítulo de este TFG. También se presentarán las principales conclusiones tras la realización del trabajo y se plantearán posibles líneas futuras de trabajo que amplíen las funcionalidades del sistema desarrollado

5.1 Valoración de los objetivos iniciales

Tras la finalización del desarrollo de trabajo se ha conseguido alcanzar los objetivos que se desarrollan a continuación:

- Desplegar una aplicación web multiplataforma, compatible con dispositivos de diferentes fabricantes y que además permite su visualización de manera simultánea. Esta aplicación cuenta además con la posibilidad de personalización de cara a facilitar la interacción con el usuario.
- Llevar a cabo la prueba y comparación de diferentes dispositivos de localización.
- Realizar la prueba y validación del sistema mediante pruebas realizadas durante diversos ejercicios ejecutados por los alumnos.

Además de lo propuesto inicialmente se ha conseguido:

- El seguimiento en tiempo real de los dispositivos, lo que permite al profesorado comprobar visualmente si el alumno se aleja de la zona del recorrido o detectar situaciones anómalas en el caso de que el dispositivo permanezca demasiado tiempo parado.
- Se ha desarrollado un sistema multiplataforma que permite el acceso desde diversos dispositivos (ordenador, tablet, móvil, etc.). Pudiendo además controlar la gestión de usuarios mediante la creación de diferentes perfiles y aplicando restricciones a los mismos. Todo ello proporciona a los profesores una herramienta rápida y flexible para el seguimiento de los alumnos.

5.2 Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en la prueba realizada durante el ejercicio topográfico se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Comparando las rutas generadas por ambos modelos de dispositivo GPS portados por el mismo alumno podemos observar una gran similitud en los recorridos. De esto se extrae que enviar la posición del alumno cada dos minutos supone un intervalo de actualización razonable ya que el alumno se desplaza a pie y en esos dos minutos no llega a recorrer una gran distancia. Siendo cierto que enviarla cada minuto, como hace el modelo TK905, aporta una mayor precisión, para

nuestro objetivo es despreciable. De igual manera, enviarla en un intervalo mayor se traduce en una mayor duración de la batería del dispositivo, algo que si cobra relevancia en el trabajo.

- Debido a la integración de Traccar con OpenGTS, el informe del dispositivo TK905 muestra la dirección aproximada que provee el servicio de Traccar en lugar de mostrarnos si el mismo entra o sale de las geozonas determinadas como haría si trabajara de manera nativa con OpenGTS. Por lo que esta solución solo se plantea posible en el caso de querer evaluar al alumno mediante la revisión manual de la ruta de este, y no mediante la detección automática de llegada a los puntos.
- El dispositivo TK905 cuenta con un peso mayor que el TK102-2, siendo cierto que esto le concede una mayor capacidad de batería y, por tanto, mayor tiempo de funcionamiento, para la aplicación desarrollada la batería del TK102-2 cumple con lo exigido. Además, el dispositivo TK905 no dispone de botón SOS, una de las características esenciales requeridas. Por todo lo anterior, se puede concluir que el dispositivo TK102-2 es el que posee las características más adecuadas para el trabajo. La única duda que surge con respecto a las prestaciones de este dispositivo tiene que ver con su apagado repentino tras casi cuatro horas de funcionamiento continuado, no habiendo podido identificar la causa de este comportamiento.
- La instalación del sistema supone un desembolso económico inicial que abarca únicamente la compra de los dispositivos GPS y sus correspondientes tarjetas SIM, ya que como se ha mencionado a lo largo del trabajo el software usado es *opensource*. Contando la Compañía de Alumnos de la Escuela Naval Militar con alrededor de 65 alumnos cada año, que el precio de cada dispositivo es de 35 € y el de cada tarjeta SIM es de 6 €, se estima una inversión inicial de 2665 €, a lo que habría que sumar el coste de mantenimiento de las tarjetas SIM. Para este cálculo se tiene en cuenta que el Departamento N°4 actualmente ya dispone de dispositivos móviles con conexión a Internet desde los que acceder a la interfaz web de la aplicación.

5.3 Líneas futuras

En relación con las posibles mejoras y solución de los problemas planteados en el trabajo se plantean las siguientes líneas futuras de trabajo:

- Debido a que la aplicación delimita las geozonas de manera general y no de manera específica para cada alumno, se detecta también cuando un dispositivo entra en la geozona de un punto que no corresponde con el recorrido del alumno, se plantea la creación de un programa que permita la gestión automática de los informes generados. Este programa debe poder discriminar de manera automática los puntos en los que ha estado el alumno y pertenecen a su recorrido topográfico de los puntos de los recorridos de otros alumnos. De igual manera, debe permitir evaluar al alumno teniendo en cuenta el número de puntos que ha conseguido alcanzar.
- Como se ha visto durante la realización de la prueba, al pulsar el botón de SOS el dispositivo TK102-2 envía al servidor un paquete de datos que apenas se diferencia de una ubicación. Por lo que en caso de que un alumno tuviera una emergencia y tuviera que avisar al profesor no sería capaz de darse cuenta hasta que viera el informe del dispositivo que porta el alumno. Por ello se plantea la implementación de un sistema que, al detectar que llega un paquete señalando que se ha activado la entrada número 7, lance una alerta o alarma al usuario de manera que a este le llegue la información de manera inmediata.
- La diferencia entre el sistema de coordenadas usado por la plataforma desarrollada (coordenadas geográficas) y el usado en el ámbito militar (coordenadas UTM) supuso una pérdida de tiempo e incomodidad durante la realización del trabajo al tener que trabajar con ambas y convertir de un formato a otro. Por ello se propone crear un módulo de código para la aplicación de software libre OpenGTS de manera que sea capaz de trabajar de forma nativa con coordenadas UTM y de esta manera facilitar el trabajo y mejorar la experiencia del usuario.
- La aplicación OpenGTS cuenta con gran capacidad de personalización de los menús, así como de los títulos y la pantalla de inicio. Por lo que se plantea como posible mejora del trabajo una mayor personalización de la interfaz web de manera que se facilite y mejore la experiencia del

usuario con la misma y, de igual manera, se personalice de acuerdo con la institución que la va a usar.

- Durante las pruebas realizadas no se llegó a transitar por ninguna zona sin cobertura, por lo que no se pudo comprobar la capacidad del dispositivo TK102-2 para almacenar posiciones en zona sin cobertura empleando una tarjeta microSD. De confirmarse esta propiedad la selección del TK102-2 se verá aún más refrendada.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] RAE, «Diccionario de la lengua española,» [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/geolocalizar>. [Último acceso: 14 Enero 2022].
- [2] V. Ortega y M. Á. Moya, «Los orígenes del Sistema de Posicionamiento Global (GPS),» Cátedra ISDEFE, [En línea]. Available: [http://catedraisdefe.etsit.upm.es/wiki/index.php/Los_or%C3%ADgenes_del_Sistema_de_Posicionamiento_Global_\(GPS\)](http://catedraisdefe.etsit.upm.es/wiki/index.php/Los_or%C3%ADgenes_del_Sistema_de_Posicionamiento_Global_(GPS)). [Último acceso: 14 Enero 2022].
- [3] Nautica Profesional, «Cómo funciona un sextante marino,» 25 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://nauticaprofesional.com/como-funciona-un-sextante-marino/>. [Último acceso: 14 Enero 2022].
- [4] J. Moreu Curbera, «Historia de la navegación LORAN,» Revista de marina de Chile, Enero-Febrero 1969. [En línea]. Available: <https://revistamarina.cl/revistas/1969/1/jmoreuc.pdf>. [Último acceso: 14 Enero 2022].
- [5] M. M. Represa Suevos, de *Radioayudas en aviación*, Norma, 2019.
- [6] G. Barros González, «Navegación por satélite,» Revista de marina de Chile, Febrero 1983. [En línea]. Available: <https://revistamarina.cl/revistas/1983/2/gbarros.pdf>. [Último acceso: 14 Enero 2022].
- [7] F. Urruti, «Sistema de navegación por satélites. GPS NAVSTAR,» 1990. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4769340.pdf>. [Último acceso: 15 Enero 2022].
- [8] N. Garrido-Villén, «Sistemas GNSS. Introducción a los sistemas de posicionamiento global,» 9 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://nagarvil.webs.upv.es/sistemas-gnss-introduccion/>. [Último acceso: 15 Enero 2022].
- [9] J. C. G., «¿Qué es el GNSS?,» GPS Total, 31 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://gpstotal.org/es/gps/gnss>. [Último acceso: 15 Enero 2022].
- [10] P. Fernández Sánchez, «¿Cómo funciona un navegador GPS?,» Abril 2013. [En línea]. Available: https://enciende.cosce.org/imagenes/paloma_2.jpg. [Último acceso: 15 Enero 2022].

- [11] U.S. Government, «GPS: *The Global Positioning System*,» [En línea]. Available: <https://www.gps.gov/systems/>. [Último acceso: 14 Enero 2022].
- [12] Garmin, «GPSMAP 65s,» [En línea]. Available: <https://www.garmin.com/es-ES/p/715072>. [Último acceso: 16 Enero 2022].
- [13] J. C. G., «¿Qué es GLONASS?,» GPS Total, 24 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://gpstotal.org/es/gps/glonass>. [Último acceso: 16 Enero 2022].
- [14] J. C. G., «¿Qué es y cómo funciona GALILEO?,» GPS Total, 31 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://gpstotal.org/es/gps/galileo>. [Último acceso: 16 Enero 2022].
- [15] *European Union Agency for the Space Program*, «GSC Europa,» [En línea]. Available: <https://www.gsc-europa.eu/system-service-status/constellation-information>. [Último acceso: 16 Enero 2022].
- [16] «BeiDou Navigation Satellite System,» [En línea]. Available: <http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/System/>. [Último acceso: 16 Enero 2022].
- [17] BBC News Mundo, «Cómo es el sistema de navegación chino BDS y en qué supera al GPS estadounidense,» 24 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-53172660>. [Último acceso: 16 Enero 2022].
- [18] Government of India, «*Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS): NavIC*,» [En línea]. Available: <https://www.isro.gov.in/irnss-programme>. [Último acceso: 16 Enero 2022].
- [19] Cabinet Office, Government of Japan, «*Quasi-Zenith Satellite System*,» [En línea]. Available: <https://sys.qzss.go.jp/en>. [Último acceso: 18 Enero 2022].
- [20] L. Blanco, «Cuáles son las diferencias entre E, GPRS, 3G, 4G, 5G y esas otras redes a las que se conecta tu celular (y cómo te afectan tu conexión a internet),» BBC Mundo, 5 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37247130#:~:text=GSM%20son%20las%20siglas%20de,m%C3%B3vil%20de%20voz%20y%20datos.&text=Por%20ejemplo%2C%20nos%20permite%20enviar30,mandar%20entre%206%20y%2010..> [Último acceso: 16 Enero 2022].
- [21] Navixy, «Localización LBS: Posicionamiento por GSM y WiFi,» [En línea]. Available: <https://www.navixy.com/es/docs/academy/location-services/lbs-cell-id-y-wps/#>. [Último acceso: 16 Enero 2022].
- [22] Accent Advanced Systems, «Conocer la posición de un activo a través de las WiFi,» [En línea]. Available: <https://accent-systems.com/es/know-the-position-of-your-assets-through-wifi/?v=da7f24de4c8e>. [Último acceso: 20 Enero 2022].
- [23] IONOS Cloud S.L.U., «¿Qué es Bluetooth? Toda la información sobre el estándar inalámbrico,» [En línea]. Available: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-bluetooth/>. [Último acceso: 30 Enero 2022].
- [24] U.S. Government, «*GPS Applications*,» [En línea]. Available: <https://www.gps.gov/applications/agriculture/>. [Último acceso: 28 Enero 2022].
- [25] Apple Inc., «AirTag,» [En línea]. Available: <https://www.apple.com/es/shop/buy-airtag/airtag>. [Último acceso: 29 Enero 2022].

- [26] Cámara Valencia, «Tecnologías y sistemas de localización: una oportunidad para las pymes,» [En línea]. Available: <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/tecnologias-de-localizacion-una-oportunidad-para-las-pymes/>. [Último acceso: 29 Enero 2022].
- [27] Garmin Ltd., «Foretrex 601,» [En línea]. Available: <https://www.garmin.com/es-ES/p/572639/pn/010-01772-00>. [Último acceso: 30 Enero 2022].
- [28] J. Aznar Almazán, «Pliego de prescripciones técnicas: Radio Personal Segura RF-7800S,» [En línea]. Available: <https://armada.defensa.gob.es/contratos/doc/3-50-40-14-730-PPT.PDF>. [Último acceso: 30 Enero 2022].
- [29] Persistent Systems, «MPU5 *The world's first smart radio*,» [En línea]. Available: <https://www.persistentsystems.com/mpu5/>. [Último acceso: 30 Enero 2022].
- [30] Dynamic Software Solutions, «ADR ATAK Plugin,» [En línea]. Available: <http://www.ds2.com/solutions/atak>. [Último acceso: 30 Enero 2022].
- [31] «TK907 2G,» TKSTAR TECHNOLOGY CO, [En línea]. Available: <https://www.tk-star.com/product/TK970-2G.html>. [Último acceso: 19 Marzo 2022].
- [32] TomTom International BV., «GO Premium,» [En línea]. Available: https://www.tomtom.com/es_es/navigation/car-gps/go-premium/. [Último acceso: 19 Marzo 2022].
- [33] Garmin Ltd., «GTN 750Xi,» [En línea]. Available: <https://www.garmin.com/en-US/p/606798>. [Último acceso: 19 Marzo 2022].
- [34] invoxia, «Pet-Tracker,» [En línea]. Available: <https://www.invoxia.com/es/pet-tracker>. [Último acceso: 19 Marzo 2022].
- [35] Orange, «Cobertura móvil Orange,» [En línea]. Available: <https://www.orange.es/4g>. [Último acceso: 15 Marzo 2022].
- [36] TK-STAR, «TK-STAR GPS *Tracker user manual*,» [En línea]. Available: <https://www.tk-star.com/?m=common&a=down&id=28>. [Último acceso: 5 Febrero 2022].
- [37] Xexun Spain, «Xexun TK 102-2 modelo 2016,» Adartia Servicios SL Xexun España, [En línea]. Available: <https://www.xexunspain.com/modelos-anteriores/22-xexun-tk-102-2-modelo-2016.html>. [Último acceso: 5 Febrero 2022].
- [38] Ubiicate, «GPS Tracker TK905 Portátil,» [En línea]. Available: <https://ubiicate.com/vehiculos/20-gps-tracker-tk905-portatil-bateria-90-dias-homologado-chip.html>. [Último acceso: 8 Febrero 2022].
- [39] Joom, «TK 102-2 *Vehicle Tracker*,» [En línea]. Available: <https://www.joom.com/en/products/5ebf5ec928fc710101a0433a>. [Último acceso: 8 Febrero 2022].
- [40] GeoTelematics Solutions, Inc., «OpenGTS,» [En línea]. Available: <http://www.opengts.org/>. [Último acceso: 20 Febrero 2022].
- [41] Tananaev Solutions, «Traccar,» [En línea]. Available: <https://www.traccar.org/>. [Último acceso: 20 Febrero 2022].

- [42] «WINNES GPS,» Google Play, [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fw.gps.lhyk&hl=es&gl=US>. [Último acceso: 11 Marzo 2022].
- [43] «DAGPS,» Google Play, [En línea]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.desn.dagps&hl=es_SV. [Último acceso: 12 Marzo 2022].
- [44] Oracle, «Java SE 8 Archive Downloads (JDK 8u202 and earlier),» [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/es/java/technologies/javase/javase8-archive-downloads.html>. [Último acceso: 4 Febrero 2022].
- [45] Traccar, «Downloads,» [En línea]. Available: <https://www.traccar.org/download/traccar-linux-64-latest.zip>. [Último acceso: 14 Febrero 2022].
- [46] Instituto Geográfico Nacional, «Calculadora Geodésica,» [En línea]. Available: <https://www.ign.es/web/ign/portal/calculadora-geodesica>. [Último acceso: 16 Marzo 2022].
- [47] Instituto Geográfico Nacional, «Iberpix,» [En línea]. Available: <https://www.ign.es/iberpix/visor>. [Último acceso: 18 Marzo 2022].