

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS**  
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

## **TEXTO**

**MANUAL DIDÁCTICO DE PRÁCTICAS PARA EL  
USO DE GPS PARA LA ASIGNATURA DE  
TECNOLOGÍA GPS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y MANEJO  
INTEGRAL DE CUENCAS**

PRESENTAN

**SERGIO LARA CASTILLO  
GERARDO DE JESUS MORENO CASTILLO**



TONALÁ, CHIAPAS

ABRIL 2024

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS**  
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

**TEXTO**

**MANUAL DIDÁCTICO DE PRÁCTICAS PARA EL  
USO DE GPS PARA LA ASIGNATURA DE  
TECNOLOGÍA GPS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y MANEJO  
INTEGRAL DE CUENCAS**

PRESENTAN

**SERGIO LARA CASTILLO  
GERARDO DE JESUS MORENO CASTILLO**

DIRECTOR

**M. EN C. JOSE REYES DÍAZ GALLEGOS**  
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS



TONALÁ, CHIAPAS

ABRIL 2024



Lugar: Tonalá, Chiapas  
Fecha: 11 de abril de 2024

C. Gerardo de Jesús Moreno Castillo

Pasante del Programa Educativo de:

Licenciatura en Biología marina y Manejo integral de cuencas

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Manual didáctico de prácticas para el uso de GPS para la asignatura de

Tecnología GPS

En la modalidad de

Texto

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Mtro. Ramiro Antonio Hidalgo González

Ing. Víctor Manuel Guillén Rodríguez

Mtro. José Reyes Díaz Gallegos

Firmas:



# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VII</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
2.1. Generales.....	10
2.2. Específicos.....	10
<b>III. METODO.....</b>	<b>11</b>
3.1. Definición del problema .....	11
3.2. Búsqueda de información.....	11
3.3. Organización de la información .....	12
3.4. Análisis de la información recopilada .....	12
3.5 Material y equipo para prácticas.....	12
<b>IV. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS).....</b>	<b>13</b>
4.1 Funcionamiento del sistema GPS.....	13
4.1.1 Segmento espacial.....	14
4.1.2 Segmento usuario .....	15
4.1.3 Segmento control .....	17
4.1.4 Triangulación espacial .....	18
4.2 Fuentes de error GPS .....	19
4.2.1 Errores en los parámetros orbitales del satélite .....	19
4.2.2 Errores en los relojes de los satélites.....	20
4.2.3 Perturbación ionosférica.....	21
4.2.4 Corrección de errores mediante técnicas diferenciales .....	22
4.3 Tipos de receptores GPS .....	22
4.3.1 Receptores de código C/A .....	22
4.3.2 Receptores de sistemas de información geográfica .....	23
4.3.3 Receptores de banda L1 .....	23
4.3.4 Receptores de banda L1 y L2 .....	23
4.4 Características generales de los GPS.....	23
4.4.1 Aplicaciones del sistema de posicionamiento global (GPS).....	24

4.5.1 Glonass .....	27
4.5.2 Sistema Galileo.....	27
4.5.3 Sistema Beidou .....	28
4.6. Posicionamiento con código c/a.....	28
4.6.1 Posicionamiento absoluto .....	28
4.6.2 Modo estático.....	28
4.6.3. Modo móvil .....	28
4.6.4 Posicionamiento diferencial .....	29
4.7 Prácticas didácticas del receptor GPS .....	30
4.7.1 Practica 1; Sistema de coordenadas de un receptor GPS .....	30
4.7.1.1 Sistema de coordenadas UTM.....	30
4.7.1.2 Sistema de coordenadas geográficas.....	31
4.7.1.3 Configuración del sistema de coordenadas en el receptor GPS.....	32
4.7.2 Practica 2; Componentes y funcionamientos del GPS.....	33
4.7.2.1 Inicio del receptor GPS .....	34
4.7.2.2 Ajuste de la retroiluminación del GPSmap 60CSx.....	34
4.7.2.3 Utilización del GPSmap 60CSx .....	35
4.7.2.4 Selección y activación de una opción .....	36
4.7.2.5 Uso de la barra de estado.....	36
4.7.2.6 Mensajes en pantalla.....	37
4.7.2.7 Páginas principales del receptor GPSmap 60CSx .....	39
4.7.2.8 Página del satélite.....	40
4.7.2.9 Página del mapa.....	41
4.7.2.10 Página menú principal.....	45
4.7.2.11 Página del menú de configuración .....	46
4.7.3 Practica 3; Toma de puntos, creación de rutas y su margen de error .....	51
4.7.3.1 Creación y uso de Waypoints.....	51
4.7.3.1.2 Marcar su posición actual.....	51
4.7.3.1.3 Como hacer un Waypoints usando el mapa.....	52
4.7.3.1.4 Creación de Waypoint por coordenadas.....	53
4.7.3.1.5 Edición de Waypoints.....	54
4.7.3.1.6 Eliminar Waypoint.....	55

4.7.3.1.7 Mover un Waypoint en la página del mapa .....	55
4.7.3.2 Como crear rutas en el GPSmap 60CSx.....	56
4.7.3.2.1 Métodos de navegación hacia un destino.....	57
4.7.3.2.2 Edición de una ruta.....	58
4.7.3.2.3 Como utilizar la página de opciones de ruta .....	59
4.7.3.3 Precisión al navegar o tomar un Waypoint .....	61
4.7.4 Practica 4; Uso del compás electrónico, altura y velocidad.....	62
4.7.4.1 Uso del compás.....	62
4.7.4.2 Página del procesador del trayecto.....	63
4.7.4.3 Altura .....	63
4.7.4.4 Visualización de puntos.....	64
4.7.5 Practica 5; Navegación con GPS y sincronización con Google Earth .....	65
4.7.5.1 Navegación .....	65
4.7.5.2 Gestión de los datos .....	66
4.7.5.3 Software utilizados para la gestión de datos del receptor GPS: Garmin Basecamp y Google Earth Pro.....	66
4.7.5.4 Procedimiento para transferir datos del GPS al ordenador.....	68
4.7.5.5 Transferir Waypoint, tracks y rutas a Google Earth.....	70
4.7.5.6 Procesamiento de los archivos de GPS al Google Earth y viceversa .....	71
4.7.5.7 Georreferenciación.....	75
4.7.6 Practica 6. Levantamiento topográfico de predios con GPS y la transferencia a Google Earth .....	77
4.7.6.1 Levantamiento de puntos con el receptor GPS.....	77
4.7.6.2 Método de levantamiento de datos topográficos .....	77
<b>V. CONSIDERACIONES FINALES .....</b>	<b>80</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>81</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título de figura</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1	Sistema de posicionamiento global.....	13
Figura 2	Satélite artificial y constelación de satélites GPS.....	14
Figura 3	Frecuencia fundamental y bandas que utilizan los satélites.....	15
Figura 4	Segmento usuario del GPS.....	16
Figura 5	Distribución de las estaciones de control del sistema GPS.....	17
Figura 6	Método de posicionamiento diferencial GPS.....	29
Figura 7	Zonas y bandas del sistema UTM.....	31
Figura 8	Nódulo de pilas, tarjeta de memoria y puertos de salida de GPSmap 60CSx.....	33
Figura 9	Características del GPSmap 60CSx.....	35
Figura 10	Ejemplo de mensajes en pantalla.....	37
Figura 11	Funciones del teclado del GPSmap 60CSx.....	38
Figura 12	Páginas del GPSmap 60CSx.....	39
Figura 13	Menú página del Satélite y opciones.....	40
Figura 14	Menú de opciones de la página del mapa.....	41
Figura 15	Configuración de la página del mapa.....	44
Figura 16	Menú principal GPSmap 60CSx.....	45
Figura 17	Acceder a la configuración del Sistema.....	46
Figura 18	Opciones de configuración del sistema.....	47
Figura 19	Opciones de configuración de pantalla.....	48
Figura 20	Configuración Náutica.....	48
Figura 21	Configuración de la hora.....	49
Figura 22	Configuración de las unidades.....	50
Figura 23	Configuración del rumbo.....	51
Figura 24	Creación de waypoint desde el mapa.....	52
Figura 25	Creación de waypoints por coordenadas.....	53
Figura 26	Procedimiento para editar waypoints.....	54
Figura 27	Procedimiento para eliminar waypoints.....	55
Figura 28	Mover waypoint en el mapa.....	56
Figura 29	Procedimiento para crear rutas.....	57
Figura 30	Navegación en rutas creadas.....	58
Figura 31	Navegación con rutas guardadas empleadas en campo.....	60

Figura 32	Navegación de rutas guardadas.....	60
Figura 33	Indicador de precisión del GPS.....	61
Figura 34	Indicador del compás electrónico.....	62
Figura 35	Indicador del procesador de trayecto y menú de opciones.....	63
Figura 36	Página del altímetro y configuración.....	64
Figura 37	Sincronización de datos de navegación del GPS.....	66
Figura 38	Propiedades de versión de BaseCamp y Google Earth.....	67
Figura 39	Interfaz de Garmin BaseCamp.....	67
Figura 40	Interfaz de Google Earth.....	68
Figura 41	Transferencia de salida y entrada del GPSmap 60CSx al ordenador mediante puerto USB.....	68
Figura 42	Detección del dispositivo GPS automáticamente.....	69
Figura 43	Datos de la memoria del GPS desplegados en el mapa.....	70
Figura 44	Exportar datos del GPS al ordenador.....	70
Figura 45	Puntos de posición guardados en el ordenador.....	71
Figura 46	Importación de puntos de posición de Google Earth a BaseCamp	72
Figura 47	Puntos de posición de Google Earth desplegados en BaseCamp	72
Figura 48	Creación de ruta usando los puntos seleccionados.....	73
Figura 49	Ruta creada a partir de Waypoints.....	73
Figura 50	Pantalla de propiedades del programa QGIS.....	74
Figura 51	Levantamiento de puntos topográficos.....	78
Figura 52	Procesamiento de datos obtenidos del GPS.....	79
Figura 53	Datos exportados del levantamiento topográfico.....	79

## RESUMEN

La navegación y ubicación han sido uno de los retos más importantes del ser humano puesto que en siglos anteriores fue necesario usar satélites naturales, pero siempre existían mediciones desfasadas. En la actualidad se ha desarrollado el sistema de navegación GPS, que cuenta con una constelación de 24 satélites operativos con una órbita estacionaria a una altura de 20,200 Km, contando con estaciones en tierra para correcciones. Para poder ubicarse es necesario contar con un receptor GPS, dichos receptores están calibrados para recibir la señal de banda L1 y L2 que son emitidas por los relojes atómicos instalados en los satélites. El GPS se emplea en áreas de las ciencias naturales y en general en las ciencias de la tierra, aplicaciones topográficas, ingeniería civil, navegación y sistemas de aviación civil. En la facultad de Ciencias Biológicas y en especial en la licenciatura de Biología Marina y Manejo Integral de cuencas, su uso es relevante ya que la ubicación del área de estudio es parte fundamental de cualquier tesis, trabajos de investigación, artículos científicos, participación en un proyecto de investigación, etc. El objetivo principal de este trabajo es realizar un manual didáctico para el uso y manejo de la tecnología GPS, por medio de una extensa recopilación bibliográfica de libros, manuales, artículos científicos, revistas científicas, tesis y sitios web revisados. Se incluyeron seis prácticas del uso, manejo y funcionamiento del receptor GPSmap60csx, donde se explica a detalle los sistemas de coordenadas del receptor GPS, los componentes y funcionamiento del GPS, también se explica cómo tomar puntos, rutas y su margen de error con el receptor GPS, así mismo se describe el uso del compás electrónico, altura y velocidad y se describe como navegar con el GPS y sincronización con Google Earth.

Se realizó el levantamiento topográfico de predios con el GPSmap 60CSx usando el método dinámico absoluto en un rancho realizando un total de 25 puntos con la finalidad de georreferenciar el predio, se analizó y describió el procedimiento de tratamiento de los datos en gabinete y la transferencia de datos a el programa Google Earth Pro y Base Camp.

## **ABSTRACT**

Navigation has been one of the most important challenges for human beings since in previous centuries it was necessary to use natural satellites, but there were always outdated measurements. At present, the GPS navigation system has been developed, which has a constellation of 24 operational satellites in a stationary orbit at an altitude of 20,200 km, with ground stations for corrections. In order to be located, it is necessary to have a GPS receiver. These receivers are calibrated to receive the L1 and L2 band signals emitted by the atomic clocks installed in the satellites. GPS is used in areas of natural sciences and in general in earth sciences, surveying applications, civil engineering, navigation and civil aviation systems. In the Faculty of Biological Sciences and especially in the Marine Biology and Integrated Watershed Management degree program, its use is relevant since the location of the study area is a fundamental part of any thesis, research work, scientific articles, participation in a research project, etc. The main objective of this work is to create a didactic manual for the use and management of GPS technology, by means of an extensive bibliographic compilation of books, manuals, scientific articles, scientific journals, theses and reviewed websites. Six practices on the use, handling and operation of the GPSmap60csx receiver were included, which explained in detail the coordinate systems of the GPS receiver, the components and operation of the GPS, how to take points, routes and their margin of error with the GPS receiver, as well as the use of the electronic compass, height and speed, and how to navigate with the GPS and synchronization with Google Earth.

A topographic survey was carried out with the GPSmpa60csx using the absolute dynamic method on a ranch with a total of 25 points in order to georeference the property. The data processing procedure was analyzed and described in the office and the data transfer to the program Google Earth Pro and Base Camp.

# I. INTRODUCCIÓN

La ubicación y la navegación han sido los retos más importantes del ser humano puesto que en siglos anteriores fue necesario usar los satélites naturales como la luna, el sol y las estrellas, para ubicarse en la tierra, pero siempre existían mediciones con desfases importantes, puesto que la tierra está en movimiento. Con el desarrollo de la tecnología se han perfeccionado las herramientas y métodos de ubicación, por tal motivo se hicieron necesarios los sistemas globales de navegación por satélites (Koolhaas, 2006).

Los sistemas de navegación global por satélites (GNSS, Global Navigation Satellite Systems) consisten en el uso de una constelación de satélite en órbita de la tierra y que envían información de varias señales en la banda L, para la determinación de la distancia satélite-receptor en tierra, es conocida la posición del satélite, efemérides y se puede medir dicha distancia, por medio de varios relojes atómicos de gran precisión (Berne *et al.*, 2014).

Los sistemas receptores en la tierra calibrados para emitir una réplica de la señal al satélite y compararla con la señal del satélite y la réplica, y así poder determinar la posición de cualquier objeto, este proceso es realizado por computadoras instaladas en los receptores y comparan la señal de cada satélite por medio de algoritmos que están instalados en los receptores (Koolhaas, 2006).

Específicamente los sistemas globales de navegación por satélite están formados por tres partes fundamentales, como es el sector espacial, compuesto por satélites con relojes atómicos de buena precisión que transmiten señales de radio; sector control formado por estaciones de monitoreo y control de los satélites y el sector usuario conformado por los receptores, que determinan la localización del usuario final (Huerta *et al.*, 2005).

En la actualidad existen varios sistemas de navegación global asistidos por satélites desarrollados por diferentes países.

A nivel mundial se usan hoy en día diferentes sistemas de navegación global entre los que se encuentran los siguientes sistemas de navegación.

El sistema de navegación ruso (GLONASS, con 24 satélites), el sistema de la unión europea (GALILEO, con 30 satélites), el sistema de navegación desarrollado por la República Popular de China (BEIDOU, con 35 Satélites de los cuales 10 están activos) y el sistema de posicionamiento global de los Estados Unidos de América (GPS, con 24 satélites operativos y 3 satélites más de reserva).

Este último sistema de posicionamiento Global es un sistema de navegación por tiempo y distancia, fue creado por el departamento de defensa de los Estados Unidos, para constituir un sistema de navegación preciso con fines militares, para ello aprovechando las condiciones de la propagación de las ondas de radio de banda L en el espacio, así como la posibilidad de modular las ondas para que en ellas se pueda incluir la información necesaria que permita posicionar un objeto en el sistema de referencia apropiado (Alvarado y fuentes, 2005).

Todo ello se lleva a cabo mediante un sistema de referencia terrestre, los satélites que forman la constelación de todos los sistemas de posicionamiento global se encuentran en un dominio celeste y la descripción de su movimiento se hace en principio de este, sin embargo, los receptores están generalmente ligados a la tierra y sus coordenadas se tratan en un sistema terrestre (Berné *et al.*, 2014). Por tanto, es necesario definir dos sistemas de referencia en el espacio, uno celeste, sistema internacional de referencia celeste (ICRS), para la descripción del movimiento satelital, y otro terrestre, sistema internacional de referencia terrestre (ITRS), para la posición de los usuarios.

Los sistemas de posicionamiento global usan a los sistemas de coordenadas para determinar la posición y localización en cualquier parte de la tierra, el GPS usa el sistema de coordenadas UTM siendo el más usado por su precisión, utilizando el modelo matemático de proyección de la tierra el Datum WGS 84, y posteriormente convierte las coordenadas UTM en coordenadas geográficas (Lugo, 2020).

El Datum WGS84 es un modelo que fue creado para hacer compatible al sistema de coordenadas UTM con el sistema de navegación GPS. En México usamos el sistema de posicionamiento global de origen norteamericano de la Agencia Espacial Norteamericana (NASA).

Este manual se desarrolla para cubrir la necesidad didáctica de un manual de prácticas para la asignatura Tecnologías GPS, de la Licenciatura en Biología Marina y Manejo Integral de Cuencas, el cual consta de una introducción breve y seis prácticas que incluyen el manejo del receptor marca Garmin GPSmap® 60CSx para la enseñanza aprendizaje del sistema de posicionamiento global. También incluye el levantamiento de puntos topográficos de un predio para georreferenciar.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Generales**

Realizar un manual para el uso del receptor GPS Garmin GPSmap60CSx, para los alumnos que cursan la asignatura de Tecnologías GPS, con el fin de que todos puedan aprender y practicar el uso de los sistemas GPS.

### **2.2. Específicos**

Elaborar un manual que sirva como Guía didáctica de interface para el aprendizaje del funcionamiento del receptor GPS GPSmap 60CSx.

Desarrollar una práctica de introducción sobre los sistemas de coordenadas UTM y geográficas para que los alumnos puedan tomar lecturas de las coordenadas.

Desarrollar cuatro prácticas didácticas que sirvan para que los estudiantes puedan aprender a posicionar objetos, navegar en campo, y tratamiento de datos GPS, con el equipo GPSmap 60CSx, proporcionado por la institución.

Realizar una práctica sobre el levantamiento de predio para su georreferenciación.

### **III. METODO**

Para la elaboración de este manual se consultó al lineamiento de titulación de la licenciatura del instituto de ciencias biológicas actualizado de julio 2022, de la Universidad De Ciencias y Artes De Chiapas.

La metodología empleada para el desarrollo de este manual fue con base en la propuesta de Gómez-Luna (2014), dicha metodología puede ser aplicada a cualquier tema de investigación para determinar la relevancia e importancia del mismo y asegurar la originalidad de una investigación.

La revisión bibliográfica hace parte de un proceso de investigación por lo cual la selección del material bibliográfico es la guía para iniciar a introducirse y conocer un panorama general del tema (Coral, 2016).

#### **3.1. Definición del problema**

Se elaboró el Manual Didáctico de Prácticas para el uso de GPS para la asignatura de Tecnología GPS de la Licenciatura en Biología Marina y Manejo integral de Cuencas, debido a que la asignatura de tecnologías GPS no cuenta con un manual de prácticas, así mismo este manual servirá de referencia para el uso de GPS por otras asignaturas como Sistema de Información Geográfica y teledetección ambiental de la licenciatura en Biología Marina, y también podrán utilizarlo en las prácticas de campo y en trabajos de investigación de tesis que necesiten la georreferenciación de sitios.

#### **3.2. Búsqueda de información**

Tomando como base para la búsqueda de información la ecuación Tecnología GPS, también Sistemas de Posicionamiento Global, sistema de posicionamiento Global por satélite, realizando la búsqueda en la biblioteca virtual de la universidad y el Google académico, libros, revistas de investigación y sitios web oficiales.

### **3.3. Organización de la información**

La bibliografía revisada se organizó de manera sistemática, la información encontrada se organizó en tablas de datos con el fin de tener una estructura organizativa y determinada de los datos, así mismo para tener una presentación más concisa de los datos.

### **3.4. Análisis de la información recopilada**

La tercera etapa consta de verificar cuales son los documentos más útiles para el tema en estudio en este caso el uso del dispositivo GPS, esta etapa se invierte gran parte del tiempo de la investigación, se analiza la información y se determina que información se tomara como base para esta investigación.

Es importante mencionar que el contenido de este manual contiene un módulo práctico de 5 prácticas fundamentales de las cuales son primordial para cualquier alumno que este cursando la materia de tecnología GPS o alguna otra asignatura en la que se use los sistemas GPS.

El formato del documento se ajustó a los lineamientos proporcionados por la universidad de ciencias y artes de Chiapas (UNICACH), de la facultad de Ciencias Biológicas para la licenciatura de Biología Marina Y Manejo Integral De Cuencas.

### **3.5 Material y equipo para prácticas**

- Receptor Garmin GPSmap 60CSx
- Equipo de gabinete con internet
- Libretas para notas
- Cámara fotográfica

El material y equipo fue facilitado por el laboratorio de Geoinformación y Análisis Geoespacial de la UNICACH, Centro de Investigaciones Costeras de Tonalá, Chiapas. Para el levantamiento topográfico del predio se hizo uso del método dinámico.

## IV. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Es un sistema de posicionamiento global por satélite (Global Positioning System por sus siglas en inglés **GPS**) (Peñañiel y Zayas, 2001). Forma parte de los sistemas de navegación global por satélite (GNSS), fue puesto en funcionamiento desde 1973 (Huerta *et al.*, 2005). Se desarrolló a partir de los satélites de las constelaciones NAVSTAR (Navigation Satellite Timing And Ranging), y fue desarrollado por el departamento de defensa de los estados unidos (Peñañiel y Zayas, 2001).

### 4.1 Funcionamiento del sistema GPS

El principio de funcionamiento del sistema GPS, es calcular la posición en un espacio de coordenadas cartesianas (X,Y,Z), partiendo del cálculo de las distancias del punto a un mínimo de tres satélites cuya localización es conocida (Alvarado y Fuentes, 2005).

El GPS es un sistema basado en satélites artificiales (Figura 1) dispuestos en una constelación de 24 satélites para brindar al usuario una posición precisa, en este punto es importante definir el termino precisión para un excursionista o un soldado, dicha precisión significa más o menos metros, para un barco en aguas costeras la precisión significa 5m, para un topógrafo la precisión significa 1cm o menos (Leica, 1999).

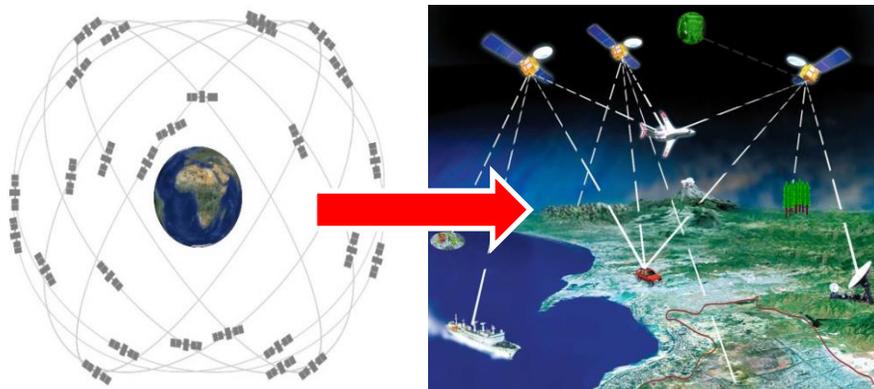


Figura 1. Sistema de posicionamiento global.

El GPS está conformado de tres segmentos diferentes para el óptimo funcionamiento que son: el segmento espacial, el segmento usuario, y el segmento de control (Huerta *et al.*, 2005).

#### 4.1.1 Segmento espacial

Este segmento o parte fundamental del sistema GPS está conformado por la constelación de satélites NAVSTAR (Navigation System With Time And Ranging) (Figura 2) de 24 satélites que giran en orbitas ubicadas aproximadamente a 20,200 km cada 12 horas que se encuentran operativos y giran alrededor de la tierra (Herrera, 20016).

Dichos satélites transmiten señales de tiempos sincronizados, parámetros de posición de los satélites e información adicional del estado de salud de los satélites sobre las dos portadoras.

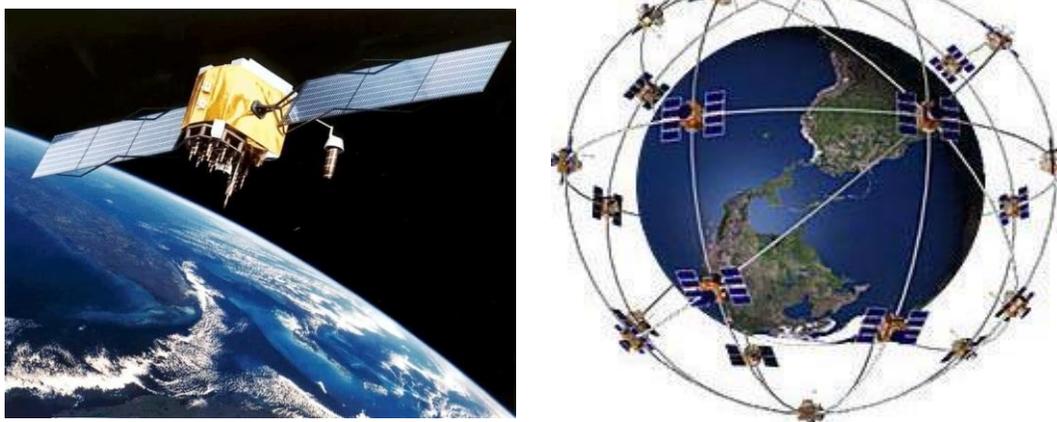


Figura 2. Satélite artificial y constelación de satélites GPS.

La constelación operativa desde enero de 1994 consta de seis orbitas con cuatro satélites, dicha orbita tiene una inclinación de 55 grados y están distribuidas uniformemente en el plano del ecuador. Cuando un satélite en su órbita pasa por el zenit del lugar le tendremos sobre el horizonte durante unas cinco horas.

La constelación está diseñada para dar cobertura a cualquier hora del día y en cualquier parte del mundo bajo distintas condiciones.

Cada satélite GPS lleva a bordo varios relojes atómicos muy precisos dichos relojes operan en una frecuencia fundamental de 10.23 MHz, la cual se emplea para generar las señales transmitidas por el satélite (Leica, 1999).

Los satélites difunden continuamente un mensaje de navegación usando una técnica de señal de espectro ensanchado sobre una portadora primaria (L1) de 1575.42 MHz y sobre una portadora secundaria (L2) de 1227.60 MHz (Martínez *et al.*, 1995) (Figura 3).

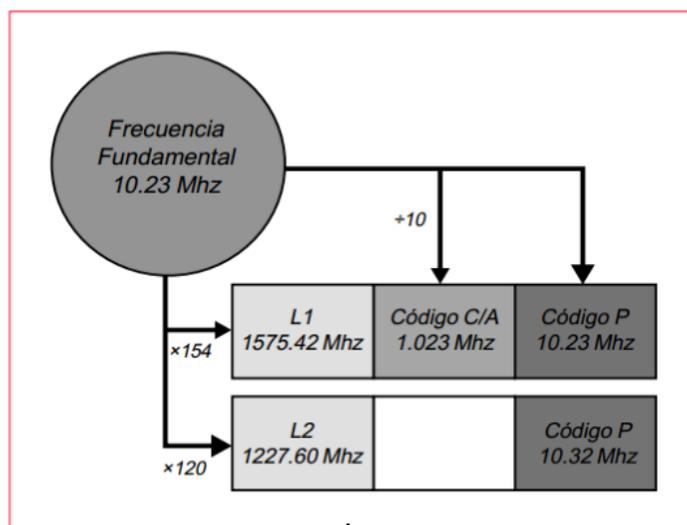


Figura 3. Frecuencia fundamental y bandas que utilizan los satélites.

Los satélites transmiten constantemente en dos ondas portadoras se encuentra en la banda L (utilizada para las transmisiones de radio) y viajan a tierra a la velocidad de la luz. Dichas ondas portadoras se derivan de la frecuencia fundamental de 10.23 Mhz, generada por un reloj atómico muy preciso (Koolhaas, 2006).

#### 4.1.2 Segmento usuario

El segmento usuario engloba a cualquiera que reciba las señales GPS con un receptor, determinado su posición y la hora (Figura 4). Algunas aplicaciones típicas dentro del segmento usuario son la navegación en tierra, para excursionistas, ubicación de vehículos, topografía, navegación marítima y aérea, control de maquinaria (Peñafiel y zayas, 2001).

Hablando de la utilización del GPS como instrumento topográfico este segmento comprende los siguientes elementos:

- **Antena:** Componente que se encarga de recibir y amplificar la señal recibida por los satélites.
- **Receptor:** Recibe la señal recogida por la antena y decodifica esta para convertirla en información legible.
- **Terminal GPS o unidad de control:** Ordenador de campo que muestra la información transmitida por los satélites y recoge todos los datos útiles para su posterior cálculo, de aplicaciones topográficas.
- **Software de gestión y cálculo de datos:** por lo general son programas que funcionan en el entorno Windows.
- En aplicaciones de navegación o de observación en modo absoluto (recepción de señal con un solo receptor), por lo general, estos tres elementos irán unidos para formar una sola unidad. El equipo de gabinete lo utilizaremos cuando queramos conseguir una gran precisión utilizando el GPS en modo diferencial (Peñafiel y Zayas, 2001).



Figura 4. Segmento usuario del GPS.

### 4.1.3 Segmento control

Este segmento tiene como tarea fundamental el seguimiento continuo de los satélites, calcular su posición precisa, transmisión de datos y la supervisión necesaria para el control diario de todos los satélites del sistema NAVSTAR, el sistema control es el encargado de verificar las efemérides de órbita de los satélites y de la tierra para que no sufran algún cambio o en su caso actualizar esta información (Vázquez, 2012).

Existen cinco estaciones de seguimiento; una principal en Colorado Springs, y otras cuatro distribuidas en longitud, homogéneamente por todo el mundo (Figura 5).

Los datos de las estaciones de seguimiento, cuyas posiciones son perfectamente conocidas, son transmitidos a la estación principal de control. Aquí las órbitas de los satélites son precedidas junto con las correcciones del oscilador de los satélites (BOLFORD, 1999). Estos datos son transmitidos al correspondiente satélite formando una parte esencial del mensaje-satélite.

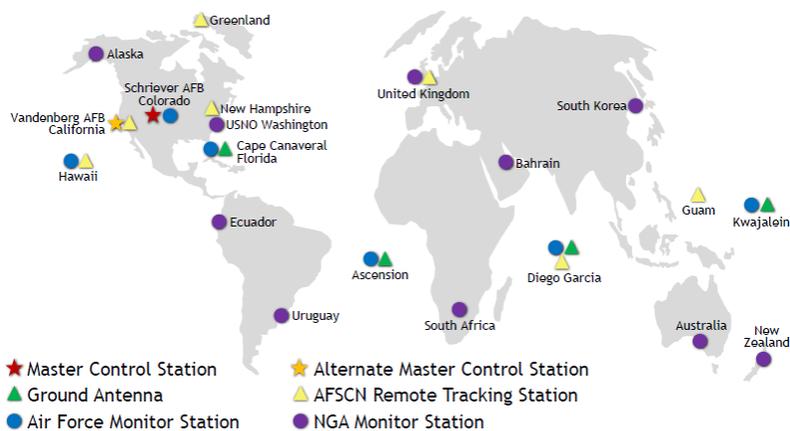


Figura 5. Distribución de las estaciones de control del sistema GPS.

La sincronización del tiempo de los satélites es una de las más importantes misiones del segmento control. Por ello la estación principal de control está conectada directamente con el tiempo estándar del observador naval de los Estados Unidos en Washington D.C.

#### 4.1.4 Triangulación espacial

Cada satélite envía una serie de señales codificadas que los receptores en tierra pueden decodificar y de esta manera estimar el tiempo que tardo la señal en viajar desde el satélite Navstar-GPS hasta el receptor. Posteriormente el receptor determina la diferencia en tiempo y finalmente utilizando la velocidad de la luz determina la ubicación del receptor GPS (Koolhaas, 2006).

El receptor en tierra utiliza el tiempo de viaje de la señal enviada por el satélite para determinar su distancia, este proceso se imagina muy sencillo pero en la realidad es mucho más complicado, puesto que las señales enviadas por los satélites son afectadas por las diversas capas de la atmosferas, al ser una señal de radio que viaja a la velocidad de la luz, la rotación de la tierra, el efecto del campo electromagnético, el vapor de agua, y los relojes con que cuentan los receptores GPS (Koolhaas, 2006).

Cuando se recibe la señal de un satélite sabemos que nos encontramos dentro de una esfera imaginaria cuyo radio es de 26,560 Km. Esto nos ubica en algún sector del sistema solar, pero no es suficientemente exacto para resolver donde nos encontramos en la tierra (Fallas, 2002).

La recepción de la distancia de dos satélites define a dos esferas cuya área común crea a su vez un tercer círculo, dicho círculo determina el lugar donde nos encontramos en el universo, pero todavía no es lo suficientemente exacto para saber en dónde nos encontramos (Banda *et al.*, 1997).

La adición de un tercer satélite creara una tercera esfera que a su vez interceptara a las dos primeras en dos puntos, de esta manera el receptor ha reducido su posible ubicación a dos puntos en la tierra, para definir cuál de los dos puntos es el apropiado se requiere de un cuarto satélite, que generara otra esfera, tocando solo uno de los puntos ya definidos, en la practica el cuarto satélite se utiliza para sincronizar el tiempo del receptor con el tiempo del reloj atómico, así como la corrección y actualización de las efemérides de las orbitas de los satélites.

## **4.2 Fuentes de error GPS**

La propagación de la señal y el propio sistema GPS, tanto en pseudodistancia como en la diferencia de fase, están afectados por errores sistemáticos o desviaciones y por errores aleatorios, algunas producidas por causas técnicas y otras por causas naturales, sin embargo, las mediciones Doppler solo se ven afectadas por los errores sistemáticos.

Como errores sistemáticos podemos especificar a los siguientes: el error en el reloj del satélite, los errores orbitales, errores en los relojes del receptor y errores atmosféricos, como errores accidentales consideraríamos a los siguientes o no sistemáticos: las pérdidas de ciclo, multipath o multitrayectoria, la variación del centro de fase de la antena. Los errores observación o variación en la posición del receptor: las mareas terrestres, cargas oceánicas y atmosféricas, los movimientos tectónicos (Alvarado y Fuentes, 2005).

### **4.2.1 Errores en los parámetros orbitales del satélite**

Las coordenadas de los satélites se pueden determinar a partir de las efemérides transmitidas en el mensaje de navegación, que se han obtenido a partir de observaciones desde tierra y una vez calculados los datos que las conforman se inyectan en el mensaje del satélite, pero se calculan en determinados instantes y para el tiempo entre un cálculo y el siguiente se deducen por extrapolación entre estos tiempos. un error orbital es la diferencia entre la posición deducida de las efemérides transmitidas en el mensaje de navegación o calculadas y la posición de dicho satélite (Pérez, 2013).

Son diversas las causas que provocan errores en la determinación orbital, gran parte de ese error puede ser modelado y los valores para corregir estos errores vienen en el mensaje de navegación.

Las estaciones de seguimiento en tierra registran datos de la trayectoria de los satélites y se calculan las trayectorias y futuras posiciones orbitales, pero debido a que es imposible predecir exactamente sus posiciones las efemérides transmitidas presentan ligeros errores, no obstante, en la totalidad de los trabajos

de topografía la precisión de las efemérides transmitidas es suficiente para garantizar las precisiones requeridas (Berne *et al.*, 2014).

Los satélites se desvían de su órbita teóricamente por varias razones como son:

- Variación del campo gravitatorio terrestre
- Efectos mareas producidas por el sol y la luna
- Efecto tercer cuerpo
- Redistribución de masas

La mejor forma de eliminar este error es trabajar con efemérides precisas pues son determinaciones orbitales de alta precisión realizadas por diferentes instituciones, en postproceso, dichos ficheros con las efemérides son puestos a disposición pública a través de internet, los organismos más importantes para la determinación y distribución de efemérides precisas son los siguientes:

- International GPS Service for Geodynamic (IGS)
- Center of Orbit Determination for Europe (CODE)
- National Geodetic Survey (NGS)

#### **4.2.2 Errores en los relojes de los satélites**

Los relojes atómicos de los satélites presentan ligeras desviaciones a pesar de su cuidadoso ajuste, los errores producidos en los relojes son debidos a la falta de sincronización respecto al patrón de tiempo atómico, definido por la estación de control quien marca el tiempo atómico, a partir de una red de relojes y una segunda causa debido a un error relativista.

Los osciladores de los satélites (rubidio y cesio) son estables con precisiones del orden de  $10^{-13}$ ,  $10^{-12}$ . Este orden de error en el tiempo podría producir errores del orden de milímetros en la distancia ( $3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-12} = 0.0003$  m) Es decir, el funcionamiento del reloj del satélite por este criterio no produce error apreciable, pero puede producir irregularidades en su estado de marcha debido a la sincronización, por ello deben ser modelados ya que un error de 1ms provoca un

error de 300 km. El error total del reloj del satélite puede dividirse en dos términos de acuerdo a lo mencionado, un problema de sincronización y otro relativista.

#### **4.2.3 Perturbación ionosférica**

La ionosfera está formada por una capa de partículas cargadas eléctricamente que modifican la velocidad de las señales de radio que la atraviesan.

- **Fenómenos meteorológicos**

En la troposfera el vapor de agua afecta a las señales electromagnéticas disminuyendo su velocidad, los errores generados son similares en magnitud a los causados por la ionosfera.

- **Interferencias eléctricas imprevistas**

Pueden ocasionar correlaciones erróneas de los códigos pseudo-aleatorio o en un redondeo inadecuado en el cálculo de una órbita, causando errores de hasta un metro.

- **Error multisenda**

Las señales transmitidas desde los satélites pueden sufrir reflexiones antes de alcanzar el receptor. Los receptores modernos emplean técnicas avanzadas de proceso de señal y antes de diseño especial para minimizar este error, el cual resulta muy difícil de modelar al depender del entorno donde se ubique la señal GPS.

- **Interferencia “Disponibilidad Selectiva” S/A**

Constituye la mayor fuente de error y es introducida deliberadamente por el estamento militar.

Los receptores deben de considerar la geometría receptor-satélites visibles utilizada en el cálculo de distancias, considerando que entre más satélites disponibles se encuentren en la pantalla del receptor GPS la precisión aumenta y viceversa, es decir una buena triangulación espacial mejora nuestra precisión.

#### **4.2.4 Corrección de errores mediante técnicas diferenciales**

En aplicaciones que no requieren gran precisión se puede utilizar un receptor con un único canal y bajo coste que calcula la distancia a cuatro o más satélites en un intervalo de 2 a 30 segundos, sin embargo, la precisión de las medidas se ve afectada por el movimiento de los satélites durante el cómputo y por el tiempo que se tarda en obtener las posiciones.

La necesidad de una localización precisa y continua en tiempo real ha conducido al desarrollo de receptores con un mayor número de canales (8-12) capaces de disminuir al máximo el error de localización utilizando los métodos de posicionamiento diferencial.

### **4.3 Tipos de receptores GPS**

Por lo general, se pueden diferenciar entre receptores con tecnología de corrección de códigos de los receptores con tecnologías para el encuadre de integración diferenciadas de fase de ondas portadoras.

Los equipos de navegación con tecnologías GNSS, se pueden clasificar en principio por el tipo de recepción de longitud de onda para el cual fueron diseñados, lo que permite clasificarlos de la siguiente manera.

#### **4.3.1 Receptores de código C/A**

Los receptores de código C/A tienen una longitud de onda de aproximadamente de 300 metros la cual resulta práctica ya que esta longitud de onda puede pasar fácilmente a través de un bosque denso debido a su gran tamaño. El problema radica en que con esta longitud la precisión obtenida es de alrededor 2 a 5 metros por lo cual no es suficiente para mediciones topográficas.

Son usados normalmente para la navegación (aérea, marítima y terrestre), posicionamiento normal y DGPS cuando están adaptados para ello, trabajando en el modo DGPS pueden realizar la digitalización de superficies reales con precisiones en movimiento de 1 a 10 metros (Reuter, 2001).

#### **4.3.2 Receptores de sistemas de información geográfica**

Estos receptores también utilizan el código C/A que puede o no incrementar su precisión por el uso del código correspondiente de la constelación GLONASS y debido a esto puede alcanzar mediciones entre los rangos de 1 a 3 metros.

#### **4.3.3 Receptores de banda L1**

Estos receptores son conocidos como receptores geodésicos y tienen longitud de onda 19 cm, lo que permite obtener una precisión de alrededor 50 centímetro en tiempo real, sin embargo, este tipo de receptores tiene un problema, debido a que su longitud de onda es muy pequeña, tiene dificultades para atravesar un denso bosque.

#### **4.3.4 Receptores de banda L1 y L2**

Estos receptores utilizan una longitud de onda L1 de 19 centímetro y la longitud de onda L2 de 24 centímetro, lo cual les permite captar datos con mayor facilidad, especialmente en condiciones con densa vegetación o en algunos casos en zonas urbanas con edificios de altura considerable. Este tipo de receptores permite obtener posiciones menores a los 50 centímetro.

Este tipo de receptores tiene la capacidad de realizar el trabajo en el método RTK que por sus siglas en inglés “Conocimiento en Tiempo Real” por lo que por medio del método diferencial con dos receptores se podrá obtener una precisión de unos cuantos milímetros respecto a su base.

### **4.4 Características generales de los GPS**

Poseen antena integrada, receptor de 12 canales paralelos, compatible con la tecnología WAAS (EGNOS en Europa) de corrección de errores, que permite precisiones de 5 metros e inferiores, batería de pilas, pantalla en blanco y negro o a color, estado de satélites; muestra datos de los satélites GPS que detectan su posición y obtienen información sobre su estado, capacidad de almacenar hasta 500 waypoints de usuario con nombre y símbolo, 20 rutas visibles, 50 puntos por ruta.

Las características específicas que suelen incluir algunos de estos equipos son:

- Permiten inserción de tarjetas externas
- Resistente al agua
- Incluye altímetro barométrico y un compás electrónico.
- Muchos de ellos poseen o dan la posibilidad de incorporar datos de ciudades, autopistas, carreteras principales, parques, principales vías fluviales, aeropuertos, así como mapas topográficos y callejeros.
- Interfaz con PC, a través del puerto serie, o en el caso de los más sofisticados con puerto USB. Utilizando protocolos propietarios como el caso de Garmin, NMEA y RTCM. los más actualizados cuentan con la transferencia por vía bluetooth.
- Los dispositivos más evolucionados traen el chip SIRF STAR 3 GPS, que hace que sean receptores hipersensibles, encontrando rápidamente la señal GPS y garantiza una recepción óptima y precisa.

#### **4.4.1 Aplicaciones del sistema de posicionamiento global (GPS)**

Son muchos los campos de aplicación de los sistemas de posicionamiento tanto como sistemas de ayuda a la navegación como en modelización de los espacios atmosféricos y terrestres o aplicaciones con requerimientos de alta precisión en la medida del tiempo. A continuación, se describen algunos campos civiles donde se utiliza en la actualidad sistema GPS (Jiménez, 2006).

- **Estudio de fenómenos atmosféricos.** Cuando la señal GPS atraviesa la troposfera el vapor de agua principal causante de los distintos fenómenos meteorológicos, modifica su velocidad de propagación, el posterior análisis de la señal GPS es de gran utilidad en la elaboración de modelos de predicción meteorológica (Alvarado y Fuentes, 2005).
- **Localización y navegación en regiones inhóspitas.** El sistema GPS se utiliza como ayuda en expediciones de investigación en regiones de difícil acceso y en escenarios caracterizados por la ausencia de marcas u

obstáculos. Un ejemplo son los sistemas guiados por GPS para profundizar en el conocimiento de las regiones polares o desérticas.

- **Modelos geológicos y topográficos.** Los geólogos empezaron a utilizar el sistema GPS en los 80 para estudiar en movimiento lento y constante de las placas tectónicas para la predicción de terremotos en regiones geológicamente activas (Martínez *et al.*, 1995).
- **En la topografía** el sistema GPS constituye una herramienta básica y fundamental para realizar el levantamiento topográfico de terrenos (Martínez *et al.*, 1995).
- **Ingeniería civil.** En este campo se utiliza la alta precisión del sistema GPS para monitorizar en tiempo real las deformaciones de grandes estructuras metálicas o de cemento sometidas a cargas.
- **Sistema de alarma automática.** Existen sistemas de alarma conectados a sensores dotados de un receptor GPS para monitorear el transporte de mercancías tanto contaminantes de alto riesgo como perecederas (productos alimentarios frescos y congelados). En este caso la generación de una alarma permite una rápida asistencia al vehículo e inclusive en caso de robo da la ubicación en donde se encuentra el vehículo.
- **Sincronización de señales.** La industria eléctrica utiliza el GPS para sincronizar los relojes de sus estaciones monitoras a fin de localizar posibles fallos en el servicio eléctrico. La localización de origen del fallo se realiza por triangulación, conociendo el tiempo de ocurrencia desde tres estaciones con relojes sincronizados.
- **Guiado de disminuidos físicos.** Se están desarrollando sistemas GPS para ayuda en la navegación de invidentes por la ciudad, en esta misma línea, la industria turística estudia la incorporación del sistema de localización en guiado de visitas turísticas a fin de optimizar los recorridos entre los distintos lugares de una ruta.
- **Navegación y control de flotas de vehículos.** El sistema GPS se emplea en planificación de trayectorias y control de la flota de vehículos.

La policía, los servicios de emergencias (bomberos, ambulancias), y las centrales de taxi, los servicios de mensajería, empresas de reparto, organizan sus tareas optimizando los recorridos de las flotas desde una estación central, algunas de las compañías ferroviarias utilizan ya el sistema GPS para localizar sus trenes maquinas locomotoras o vagones, supervisando el cumplimiento de las señalizaciones.

- **Sistema de aviación civil.** El sistema GPS se emplea en la aviación civil tanto en vuelos domésticos, transoceánicos, como en la operación de aterrizaje, la importancia del empleo del GPS en este campo ha impulsado, en Europa, estados unidos y Japón sistemas orientados a mejorar la precisión de los GPS.

- **Navegación desasistida de vehículos (DGPS).** Se están incorporando sistemas DGPS como ayuda en barcos para maniobrar de forma precisa en zonas de intenso tráfico, en vehículos autónomos terrestres que realizan su actividad en entornos abiertos en tareas repetitivas, de vigilancia en medios hostiles (fuego, granada, contaminación de cualquier tipo) en todos aquellos móviles que realizan transporte de carga tanto en agricultura como en minería o construcción. La alta precisión de las medidas ha permitido importantes avances en el espacio en orbitas bajas y así tareas de alto riesgo de inspección, mantenimiento y ensamble de satélites artificiales pueden ahora realizarse mediante robots autónomos.

- **En el área de las ciencias naturales y en general en las ciencias de la tierra,** puesto que es indispensable para cualquier trabajo de investigación la ubicación del área de estudio, así mismo en el manejo integral de cuencas para la delimitación de la red hidrográfica o para la planificación del territorio, para determinar la densidad poblacional de una o varias especies en una laguna, en un rio, en una selva, en un bosque e inclusive en áreas urbanas, también se utiliza en zonas de alta mar para localizar una área de estudio o localizar bancos de peces. en todas las investigaciones en donde se requiera la ubicación del área de investigación, son muchos los campos de implementación de los equipos de GPS.

## **4.5 Disponibilidad de otros sistemas de navegación por satélite**

### **4.5.1 Glonass**

Además del sistema GPS existen otros sistemas de posicionamiento global asistidos por satélites entre los que se encuentra el sistema de navegación global por satélite de origen ruso Glonass (Global Navigation Satellite System) de administración rusa ubicándose en la segunda alternativa al sistema GPS, cuyas funciones son similares a las del sistema GPS, pero con marcadas diferencias en su forma de operar (Martínez 2012).

Este sistema se compone de 24 satélites (21 activos y 3 de reserva), distribuidos en tres planos orbitales con una separación entre sí de 120°. Cada satélite gira en órbita circular a 19.100 horas y 15 minutos aproximadamente.

### **4.5.2 Sistema Galileo**

Es un sistema de navegación totalmente europeo nacido de una iniciativa conjunta de la comisión europea y de la agencia espacial europea, se caracteriza principalmente por ser el primer sistema de posicionamiento global de uso civil (Pérez, 2013) sistema completo consiste de 30 satélites a 23,616 Km (27 operativos y 3 de reserva), centros de control situados en Europa, una red de estaciones permanentes y estaciones de unión distribuidas por todo el mundo (Armendáriz, 2019).

Este sistema es interoperable con los sistemas GPS y GLONAS. A fin de reducir al máximo los errores de los sistemas existentes, operara con 10 frecuencias de portadora, 4 frecuencias en el rango de 1.164 a 1.215 MHz denominadas E5A a E5B, 3 frecuencias en el rango de 1.260 a 1.300 MHz denominadas E6 y 3 frecuencias en el rango de 1.559 a 1.591MHz denominadas L1 (Pérez, 2013).

### **4.5.3 Sistema Beidou**

BeiDou/COMPAS es un sistema de navegación por satélite desarrollado por la Academia de Tecnología Espacial China nacido con fines militares (Herrera, 2016). Cuenta con 16 satélites MEO, el servicio de uso civil transmitirá en B1 fase B1-BOC, B2 fase B2-BOC y en la banda L5, y el servicio autorizado lo hará en B1-2, B2 cuadrada, B1-2, B2 cuadrada, B3 y B3-BOC.

También es operado por una estación de control master, dos estaciones de envío y 30 estaciones de monitorización, utilizando el sistema Geodésico China 2000 (CGS2000) (Rodas y Sigcho, 2016).

## **4.6. Posicionamiento con código c/a**

### **4.6.1 Posicionamiento absoluto**

Al referirnos al posicionamiento absoluto nos referimos al caso de un solo receptor, funcionando en modo autónomo, es decir la función típica de navegación, calculando las coordenadas del receptor sobre la superficie terrestre basándose en las mediciones de la distancia que realiza a los satélites visibles y mostrando estas coordenadas sin ninguna corrección, en el display del receptor, de este posicionamiento podemos distinguir a dos modos de operación: estático y móvil.

### **4.6.2 Modo estático**

El receptor permanece estacionado sobre el punto del que se quiere conocer las coordenadas durante un lapso de tiempo que puede ser de algunos minutos, la posición final, coordenadas del punto estación corresponden al promedio de todas las posiciones calculadas.

### **4.6.3. Modo móvil**

Se encuentra relacionado con el uso del receptor en movimiento, por lo cual tendremos soluciones instantáneas, obteniéndolas coordenadas del punto en que se ubica el receptor a cada instante, siendo esta la solución típica de navegación,

de modo que esta sucesión de puntos describe la trayectoria seguida por el receptor.

Con estos métodos de operación la precisión generalmente alcanzable en las coordenadas de los puntos será mejor que 10 metros en horizontal y 15 metros en vertical.

#### 4.6.4 Posicionamiento diferencial

En este método de posicionamiento, se retoma la experiencia y en vez de un receptor colocamos dos receptores no muy alejados entre sí, los cuales observaran los mismos satélites, obtendremos que las gráficas de las distribuciones de las posiciones horizontales calculadas por cada receptor resultan muy similares (Figura 6).

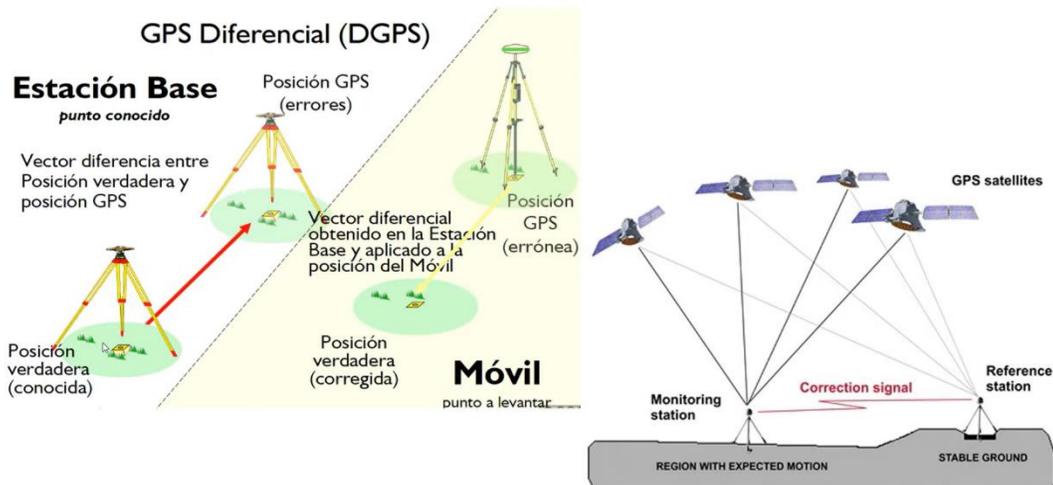


Figura 6. Método de posicionamiento diferencial GPS.

## **4.7 Prácticas didácticas del receptor GPS**

Este manual contiene un módulo práctico el cual consta de 6 prácticas del uso, manejo y tratamiento de los datos del receptor GPS, el equipo utilizado es el receptor de la marca Garmin, modelo GPSmap 60CSx, equipo proporcionado por el laboratorio de Geoinformación y Análisis Geoespacial del Centro de Investigaciones Costeras.

### **4.7.1 Practica 1; Sistema de coordenadas de un receptor GPS**

Esta práctica consta de una introducción acerca de los sistemas de coordenadas ya que lo principal para poder ubicarse es conocer primero que son los sistemas de coordenadas para así poder interpretar la información proporcionada por el receptor GPS, consta también de la calibración del receptor GPS a un Datum específico, este dependerá de cada país, el Datum que se hablara en esta práctica es el más usado en México y Norteamérica (Peralta *et al.*, 2022)

Para poder realizar esta práctica es importante la disponibilidad del usuario puesto que todos los receptores GPS están diseñados para que cualquier persona pueda manejar adecuadamente el equipo.

#### **4.7.1.1 Sistema de coordenadas UTM**

El sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) es un sistema de proyección cartográfico basado en cuadrículas con el cual se puede referenciar puntos sobre la superficie terrestre, basado en un modelo elipsoidal de la tierra (el elipsoide internacional de referencia de Hayford), actualmente ha sido sustituido por el elipsoide WGS84 para hacer este sistema compatible con el sistema GPS (Vázquez 2012) (Figura 7).

Se basa en una proyección de dicho elipsoide, la proyección UTM es un sistema cilíndrico el cual es tangente al elipsoide en un meridiano origen, en donde los puntos de elipsoide se proyectan sobre un cilindro tangente a un meridiano establecido (que llamaremos meridiano central), de forma que al desarrollar el cilindro el ecuador se transforma en una recta que se toma como el

eje de las X, y el meridiano central se transforma en otra recta perpendicular a la anterior que será el eje de las Y (Lugo, 2020).

Para evitar que las deformaciones producidas en la proyección sean demasiado grandes se divide el elipsoide terrestre en 60 husos de 6° de amplitud, utilizando cada uno su meridiano central y el ecuador como ejes de referencia.

Cada zona está dividida en 20 bandas (C, D, F, G, H, J, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, U, V, W, X), las bandas de la C a la M están en el hemisferio sur, y las bandas de la N a la banda X están en el hemisferio norte (Típula *et al.*, 2006).

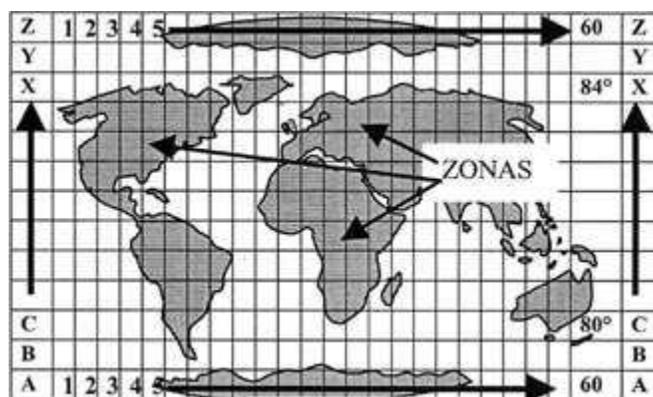


Figura 7. Zonas y bandas del sistema UTM. Fuente: Típula *et al.*, 2006.

#### 4.7.1.2 Sistema de coordenadas geográficas

Las coordenadas geográficas son aquellas que indican la posición de un punto en la superficie terrestre tomando como referencia la latitud y longitud.

La tierra como ya sabemos gira alrededor de un eje denominado eje de la tierra o línea de los polos, a los extremos de este eje se les llama polo norte y polo sur (López, 2000).

El ecuador divide a la tierra en dos hemisferios, hemisferio norte y hemisferio sur y los círculos menores paralelos al ecuador son llamados paralelos, pero hay algunos de mayor importancia como son trópico de cáncer, trópico de capricornio, círculo polar ártico y círculo polar antártico.

Los círculos máximos que pasan por los polos se denominan meridianos tienen especial interés el meridiano del lugar, que es el meridiano que pasa por el punto donde se encuentra el observador, y el meridiano de Greenwich o primer meridiano que se toma como origen para medir las longitudes (Fallas, 2001).

En la red geográfica que forman los paralelos y meridianos se definen las coordenadas geográficas que permiten ubicar con precisión la posición cualquiera de la superficie terrestre (Lugo, 2020).

#### **4.7.1.3 Configuración del sistema de coordenadas en el receptor GPS**

Para configurar el receptor GPS es importante contar con el equipo encendido, posteriormente ingresar al menú principal, seguido de esto ingresar en el menú configuración, posteriormente ingresar en donde dice sistema verificar que este en el sistema WGS84, el cual fue diseñado para ser compatible con el sistema de posicionamiento global (Vázquez, 2012).

El GPS es un sistema de localización de puntos sobre la superficie de la tierra basado en posiciones de satélites, siendo estos puntos de referencia para un receptor GPS, dicho dispositivos deben de recibir señales como mínimo de tres satélites y un cuarto para hacer correcciones por errores en los relojes del sistema (Garmin, 2005).

El sistema es tridimensional y las posiciones son calculadas originalmente en un sistema de coordenadas cartesiano  $(x,y,z)$ , pero posteriormente son convertidas a coordenadas geográficas (longitud, latitud, altura sobre el elipsoide) utilizando el Datum WGS84 o cualquier otro Datum de referencia que se escoja en el menú del receptor (Cordero, 2000).

El elipsoide elegido será aquel que se ajuste más exactamente a la forma de la tierra, este elipsoide no tiene una superficie física, sino que es una superficie definida matemáticamente (Fernández, 2001).

#### 4.7.2 Practica 2; Componentes y funcionamientos del GPS

Para iniciar con el uso adecuado del navegador GPS es necesario considerara al navegador como una herramienta de ayuda para la navegación, pero no reemplaza a las cartas topográficas proporcionadas por el gobierno de cada país, así mismo es importante seguir las indicaciones que se puedan encontrar en el camino como señalizaciones u zonas en riesgo para navegar de forma segura (Garmin, 2005).

Para comenzar con el manejo del GPSmap 60CSx es indispensable instalar las pilas que se encuentran en la parte trasera el receptor, retirando la carcasa del compartimento de pilas, para ello se tiene que girar el anillo de media luna en sentido contrario a las manecillas del reloj (Figura 8). Introduzca las pilas en este caso "AA" alcalinas teniendo en cuenta su polaridad, tomando como referencia el diagrama que se encuentra en el interior del compartimento de las pilas, coloque de nuevo la carcasa gire el anillo  $\frac{1}{4}$  de vuelta en sentido de las manecillas del reloj (Garmin 2013).

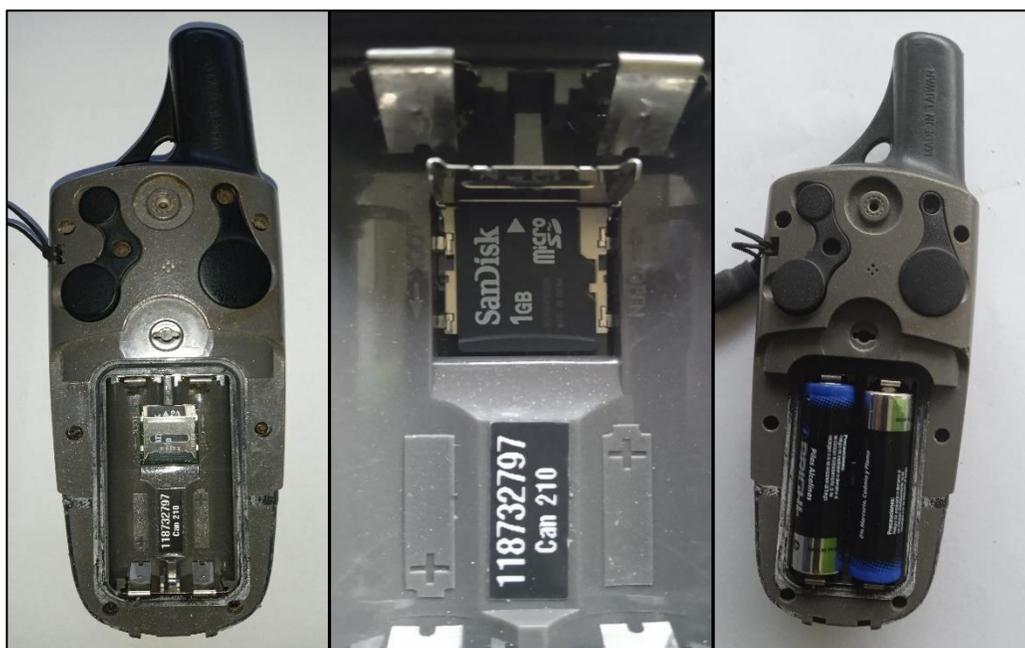


Figura 8. Nódulo de pilas, tarjeta de memoria y puertos de salida del GPSmap 60CSx

#### 4.7.2.1 Inicio del receptor GPS

La primera vez que enciende el GPSmap 60CSx, el receptor GPS debe captar la señal de los satélites y establecer su posición actual. Para iniciarlo de forma correcta el GPSmap 60CSx viene de fábrica en el modo AutoLocate, el cual permite al receptor encontrarse así mismo en cualquier parte de la tierra.

Es importante que, para recibir señal de satélite, debe estar en el exterior y tener una vista clara del cielo (Garmin 2013).

Para iniciar su GPSmap 60CSx:

- Mantenga pulsada la tecla de encendido que se encuentra al lado de la antena del receptor GPSmap 60CSx
- Sostenga el equipo frente a usted con la parte superior inclinada así arriba. Mientras el receptor GPS está buscando señales de satélite, hasta que haya suficiente señal para fijar su posición. Cuando el receptor obtiene señales de por lo menos tres satélites la parte superior de la pantalla indicara la precisión de la posición y las coordenadas.
- Pulse y suelte la tecla **PAGE** hasta que la página del mapa aparezca. Ahora estará listo su receptor GPS para comenzar la navegación.

También puede observarse una vista del conjunto de satélite en el espacio situados arriba de su receptor GPSmap 60CSx, con su localización centrada en el conjunto. El círculo exterior representa el horizonte y el círculo más interior una posición a 45° del horizonte, los números indican el número asignado a cada satélite, también se muestra una gráfica de barras la cual indica la intensidad de la señal de cada satélite.

#### 4.7.2.2 Ajuste de la retroiluminación del GPSmap 60CSx

Para poder ajustar la iluminación de la pantalla y poder visualizar mejor la información de su GPSmap 60CSx puede seguir el siguiente procedimiento.

- Pulse y suelte rápidamente la tecla de encendido
- Pulse la tecla cursor hacia arriba para aumentar el brillo, o pulse la tecla cursor hacia abajo para disminuir el brillo.
- Pulse **Enter** o **Quit** para cerrar la ventana de ajuste de retroiluminación.

#### 4.7.2.3 Utilización del GPSmap 60CSx

Para utilizar de forma adecuada el equipo GPS es importante considerara los siguientes términos:

**Cursor:** Utilícelo para seleccionar, resaltar un campo, un botón, o una lista despegable de opciones en la pantalla.

**Enter:** Se usa para activar o entrar a la selección indicada por el cursor.

**Zoom In:** Utilícelo para desplazar un conjunto de elementos.

**Zoom Out:** Use esta tecla para desplazar la pantalla completa.



Figura 9. Características del GPSmap 60CSx. (Elaboración propia).

#### 4.7.2.4 Selección y activación de una opción

Para seleccionar y activar una opción en una página, desde cualquier página pulse menú, aparecerá un menú de opciones, con una lista de opciones adicionales para esa página.

- Utilice la tecla cursor para mover el resalto hacia arriba abajo, izquierda o derecha en el menú para resaltar la opción que desee, a continuación, pulse la tecla Enter para seleccionarla.
- Pulse la tecla “**Quit**” para retroceder los pasos que ha ejecutado o pulse “**Quit**” repetidas veces para volver a la página en la que inicio el proceso.

#### 4.7.2.5 Uso de la barra de estado

- En la parte superior de cada página, la barra de estado provee información sobre diferentes características del equipo.
- La alimentación del equipo GPSmap60CSx puede ser recibida sea por pilas o por alguna fuente auxiliar (adaptadores AC, DC o USB). El icono de alimentación por pilas muestra el restante de energía.
- El icono de alimentación () aparece cuando el equipo recibe alimentación externa mediante cable USB provisto con el equipo o mediante el cable de datos de puerto en serie/alimentación o adaptador mechero.
- El estado de señal de satélite se muestra cuando está buscando o adquiriendo satélites en bidimensional y cuando en tridimensional es alcanzado () (cuatro o más satélites son adquiridos).
- El icono de retroiluminación aparece cuando la retroiluminación está encendida al encender el equipo la retroiluminación está apagada debido a que consume una cantidad considerable de energía.
- El icono de conexión por cable USB aparece cuando el equipo está en comunicación con un puerto serie PC universal.

#### 4.7.2.6 Mensajes en pantalla

Cuando un evento significativo ocurre, un mensaje en pantalla aparece para informar de lo acontecido, en cada caso se describe la situación y ofrece una solución. Pulse **Enter** para reconocer el mensaje y cierre la ventana (Figura10). En algunas ocasiones el mensaje puede indicar una acción temporal como el mensaje calculando ruta el cual se cerrará tan pronto el cálculo finalice.



Figura 10. Ejemplo de mensajes en pantalla.

**Teclas Zoom IN/OUT (1)**

Desde la página del mapa púlselas para hacer y alejar la pantalla, desde cualquier otra página úselas para desplazarse arriba o abajo.

**Tecla FIND o buscar (2)**

Púlsela y suéltela en cualquier momento para visualizar la página del menú buscar.

Manténgala presionada para MOB.

**Tecla QUIT (6)**

Púlsela y suéltela para cancelar la introducción de datos o salir de una página.

**Cursor (8)**

Navegación en pantalla

**Tecla MARK (4)**

Púlsela y suéltela en cualquier momento para marcar como waypoint su localización.

**Tecla PAGE/COMPAS (3)**

Púlsela y suéltela para desplazarse circularmente

**Tecla MENU (5)**

Púlsela y suéltela para visualizar opciones de una página

Púlsela dos veces para visualizar el menú principal

**Tecla ENTER (7)**

Púlsela y suéltela para introducir opciones, destacadas, datos o confirmación de mensajes que aparecen en la pantalla.



Figura 11. Funciones del teclado del GPSmap 60CSx. (Elaboración propia).

#### 4.7.2.7 Páginas principales del receptor GPSmap 60CSx

El GPSmap 60CSx tiene seis páginas principales como son: página de satélite, página de procesador de trayecto, página del mapa, página del compás, página del altímetro y el menú principal (Figura 12). Usando la tecla **PAGE** se puede desplazar hacia adelante y para retroceder utilice la tecla **QUIT**. También se pueden añadir más paginas adicionales mediante la opción secuencia de páginas en el menú principal.

Cada página tiene un menú de opciones, que incluyen las opciones de configuración y funciones específicas que aplican a cada página. Para visualizar el menú de opciones de cada página, presione la tecla **MENU**.



Figura 12. Páginas principales del GPSmap 60CSx.

#### 4.7.2.8 Página del satélite

La página del satélite muestra el estado de recepción de señales de satélites, la localización de los satélites, la intensidad de la señal de los satélites y la posición actual del receptor cuando el equipo recibe señales de por lo menos tres satélites (Figura 13).

Uso del menú opciones de la página de satélite:

- GPS activado /Desactivado, esta opción permite activar o desactivar el receptor de señales GPS.
- Track Arriba/Norte. Arriba, esta opción indica si los satélites están orientados hacia el norte con relación a la parte superior de la pantalla o si su Track actual está orientado hacia el norte con relación a la parte superior de la pantalla (ver Figura 13).
- Multicolor/Color único. esta opción hace saber si cada satélite se muestra en un color diferente o en el mismo color.
- Nueva localización. Use esta opción si se ha desplazado más de 960 Km y tiene dificultad para recibir señales de satélites.



Figura 13. Menú de la página del Satélite y opciones.

#### 4.7.2.9 Página del mapa

El GPSmap 60CSx viene de fábrica con un mapa base incorporado que muestra detalles geográficos como ciudades, autopista, salidas, ríos y lagos (Figura 14). La base de datos estándar puede ser ampliada mediante algunos programas.

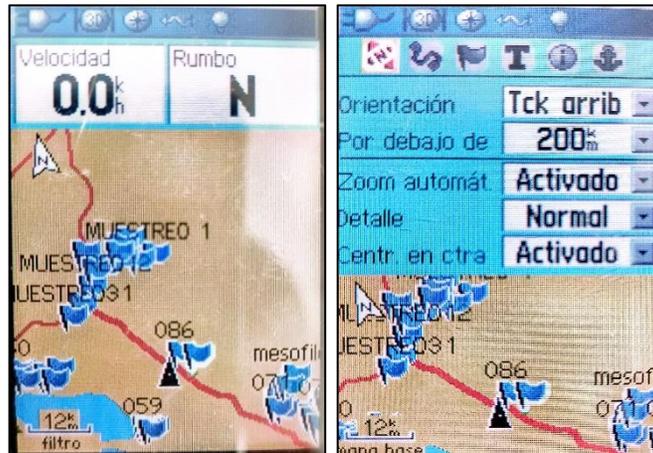


Figura 14: Menú de opciones de la página del mapa.

Los modos de operación del mapa, modo posición y modo pan, determinan que cartografía se muestra en el mapa. El modo posición muestra su posición actual en el mapa. El marcador muestra su trayecto en el mapa. Cuando presiona la tecla **CURSOR** el GPSmap 60CSx introduce el modo panorámico que mueve el mapa para mantener la flecha blanca dentro del área de la pantalla.

Cuando está en modo panorámica puede mover el puntero del mapa dentro de la página para resaltar e identificar elementos del mapa. Si hay más de un elemento resaltado en el mapa también estará resaltado en la lista.

Puede añadir y configurar hasta cuatro campos de datos opcionales en la parte superior para proporcionar una variedad de información de viaje y navegación.

Para mostrar campos de datos en la página del mapa:

- Presione menú para abrir la página de opciones de la página del mapa
- Seleccione campo de datos y presione Enter, el submenú mostrar aparecerá
- Elija el número de campos de datos que desea que aparezcan en la página del mapa y oprima Enter.

Para cambiar los campos de datos:

- Presione el menú para abrir el menú de opciones de la página del mapa.
- Seleccione cambiar campos de datos y presione **Enter**. El primer campo de datos se resalta.
- Oprima **Enter** para abrir las opciones de campos de datos.
- Utilice la tecla de cursor para seleccionar una opción y presione enter
- Use la tecla de cursor para moverse hacia el siguiente campo y repita los pasos de la opción 3 y 4 del procedimiento.

Se puede hacer uso de datos adicionales del mapa, es decir datos adicionales descargados del programa MapSource que aumenta la versatilidad del GPSmap 60CSx.

La escala del zoom en la página del mapa se puede cambiar para visualizar áreas más pequeñas en detalle o visualizar un área más amplia con menos detalles. Presione la tecla in para disminuir la escala de zoom y mostrar un área con más detalles; presione la tecla out para aumentar la escala de zoom y mostrar un área más amplia con menos detalle.

La configuración de escalas de zoom actuales se muestra en la esquina inferior izquierda de la página del mapa. Si no hay más información del mapa disponible, el mensaje “Zoom encendido” aparecerá debajo de la escala de zoom, cuando utilice mapas detallados de “MapSource” aparecerá debajo de la escala.

Hay dos opciones de orientación del mapa, la opción de norte arriba, orienta el mapa como un mapa de papel. Track arriba, orienta el mapa en la dirección en que se desplaza, cuando esta activada la opción de Track arriba, la flecha del norte indica la orientación.

Use el menú opciones de la página del mapa para personalizar la página del mapa. Con la página de mapa abierta oprima la tecla menú seleccione una opción que desee y presione enter.

El menú de la página del mapa contiene las siguientes opciones que a continuación se describen:

**Detener navegación:** detiene la navegación y esta desactivada cuando no hay navegación activa

**Campos de datos:** abre el submenú mostrar para que pueda seleccionar el número de campos de datos que desee que aparezcan en la parte superior de la página. El mapa solo muestra 2, 3, o 4.

**Cambio de campos de datos:** le permite seleccionar el tipo de datos que desea que aparezca en los campos de datos, esta opción está disponible solo si 2, 3 o 4 campos de datos están seleccionados.

**Configuración del mapa:** le permite acceder a seis páginas con configuraciones para la pantalla del mapa y poder así personalizar el mapa para que se adapte a sus necesidades.

**Activar filtro:** elimina los elementos del mapa que pueden bloquear la visibilidad de detalles del mapa cuando se usa un zoom mayor.

**Restablecer valores iniciales:** restablece los valores de la página del mapa a la configuración de fábrica.

### **Configuración de la página del mapa**

La configuración del mapa sirve para definir como se mostrarán los elementos de la página del mapa con la finalidad que se haga más práctico el uso del GPS (Figura 15).

Para personalizar la pantalla de la página del mapa se debe de guiar por los siguientes pasos:

- Presione menú para abrir el menú de opciones de la página del mapa.

- Seleccione configurara mapa y oprima enter para abrir la página de configuración del mapa. la parte superior de la página contiene iconos para cada página de configuración de página.
- Utilice la tecla cursor para desplazarse entre los iconos y para moverse hacia arriba o hacia abajo a través de los campos en cada página.
- Con una función de la página del mapa seleccionada pulse enter para mostrar la lista de opciones de cada función. cada página de configuración del mapa tiene un sub menú de opciones. Para acceder a este submenú presione la tecla menú con la página abierta en pantalla.

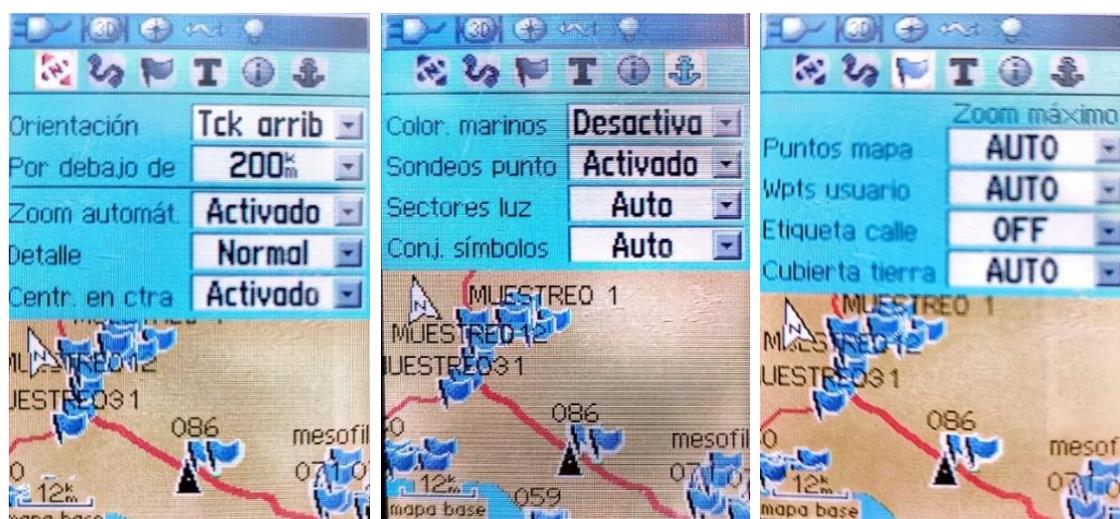


Figura 15. Configuración de la página del mapa.

En ocasiones es necesario saber la distancia que existe de un punto a otro sin la necesidad de utilizar algún otro programa u otra herramienta, con el GPS se puede medir distancia de tu ubicación actual a un punto específico, solo es necesario seguir los siguientes pasos:

- Presione menú para abrir el menú de opciones de la página del mapa
- Seleccione medir distancia y pulse enter una flecha indicando su posición actual aparecerá en la página del mapa con la etiqueta REF debajo de este
- Mueva la flecha al punto de referencia (el puntero de inicio desde el que desea medir) y presione enter. Un icono de alfiler marca el punto de inicio en el mapa.

**Activar filtro:** permite eliminar nombres de elementos e iconos del mapa. Esto le resulta útil cuando por la escala de zoom algunos elementos se mantienen a la misma escala, sin importar la escala del mapa y le impide una visión clara de las carreteras.

Para activar y desactivar el filtro:

- Presione el menú para abrir el menú de opciones de la página del mapa.
- Elija la opción activar filtro y pulse enter.
- Para desactivar el filtro pulse menú seleccione desactivar filtro y presione enter.

#### 4.7.2.10 Página menú principal

El menú principal del GPSmap 60CSx (Figura 16) contiene configuraciones y funciones que no se encuentran en ninguna otra página principal o submenús, al pie de la página se muestran la hora y la fecha, se puede acceder al menú principal desde cualquier página presionando menú dos veces, para seleccionar un elemento del menú principal, seleccione el elemento del **menú** y oprima **enter**.



Figura 16. Menú principal GPSmap 60CSx.

#### 4.7.2.11 Página del menú de configuración

Se puede utilizar la página del menú de configuraciones para personalizar el GPSmap 60CSx. Para acceder esta página realice el siguiente procedimiento:

- oprima menú dos veces para abrir el menú principal.
- utilice la tecla cursor para seleccionar el icono de configurar y presione **enter**.

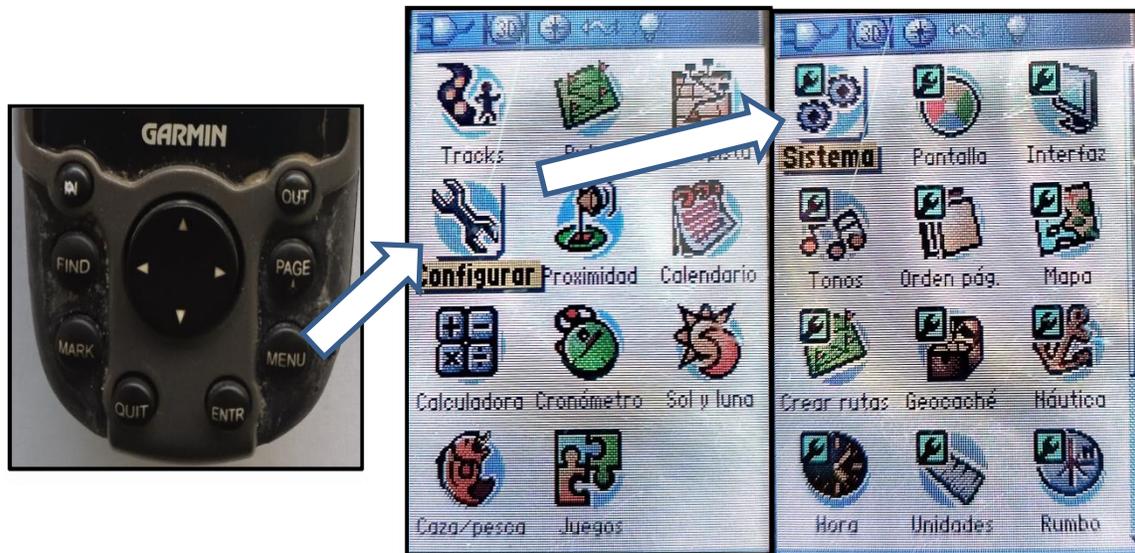


Figura 17. Acceder a la configuración del Sistema.

**Configuración del sistema.** Use la página de configuración del sistema (Figura 17) para controlar la configuración para GPS, WAAS, tipo de batería, idioma, alimentación externa y alarmas de proximidad.

Para ingresar al menú de configuración del sistema, en la página de menú de configuración resalte el icono de sistema y presione **enter**.

- **GPS.** configura la unidad para funcionar en modo normal, modo ahorro de baterías, GPS desactivado o modo Demo.
- **Waas.** permite activar o desactivar el Waas.
- **Tipo de batería.** esta opción le sirve para que elija el tipo de baterías que está usando (Alcalinas o NiMH).
- **Idioma de texto.** con esta opción puede elegir el idioma en pantalla.

- **Perdida de alimentación externa.** indica si la unidad permanece encendida (continuar con alimentación por pilas) o se apaga (apagar) cuando la alimentación externa es interrumpida.
- **Alarmas de proximidad.** indica si las alarmas de proximidad están activadas o desactivadas.



Figura 18. Opciones de configuración del sistema.

### Opciones de la configuración de pantalla (Figura 19):

**Modo pantalla.** Seleccione los modos día noche o auto. Seleccione auto para cambiar automáticamente de día anochecer y cambie de nuevo a amanecer.

**Esquema de color día/ esquema de color noche.** Seleccione el color de estos estos esquemas para utilizarlos en los modos de día o de noche.

**Desconexión de retroiluminación.** Seleccione esta opción cuando deberá encenderse o apagarse la retroiluminación. Cuando utiliza una fuente de alimentación externa, la retroiluminación permanecerá encendida sin importar la configuración que tenga.

**Nivel de Retroiluminación.** Aumenta o disminuye la retroiluminación. Presione la tecla cursor hacia arriba para aumentar y hacia abajo para disminuir la intensidad.

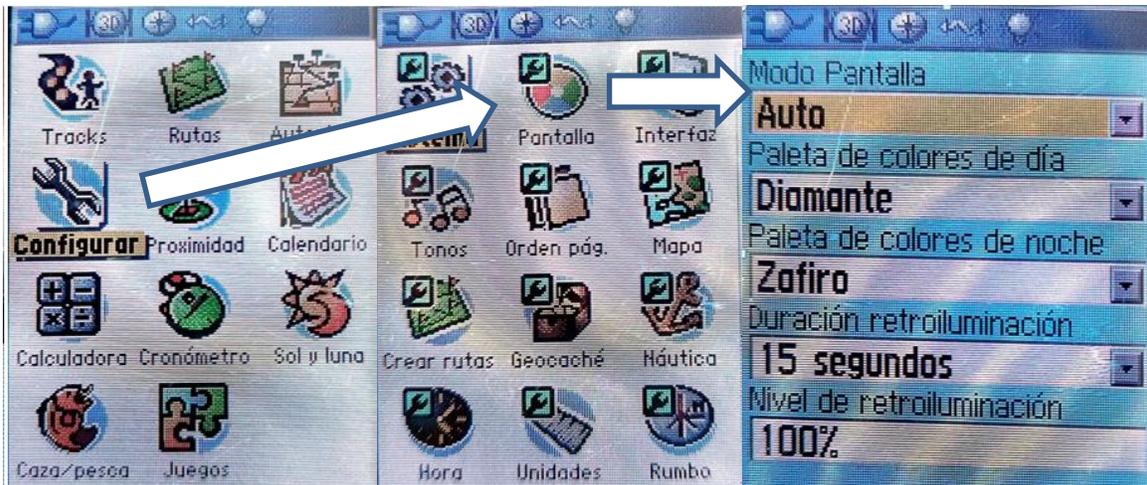


Figura 19. Opciones de configuración de pantalla.

### Configuración náutica:

Use esta página para configurar las alarmas (Figura 20).

**Alarma de fondeo:** Establece que una alarma de sonar cuando se excede una distancia de movimiento.

**Alarma de desvío de ruta:** Sonara una alarma si se sale de su ruta establecida.

**Alarma de aguas profundas/alarma de aguas pocos profundas:** una alarma se accionará cuando se encuentre en aguas profundas o poco profundas.

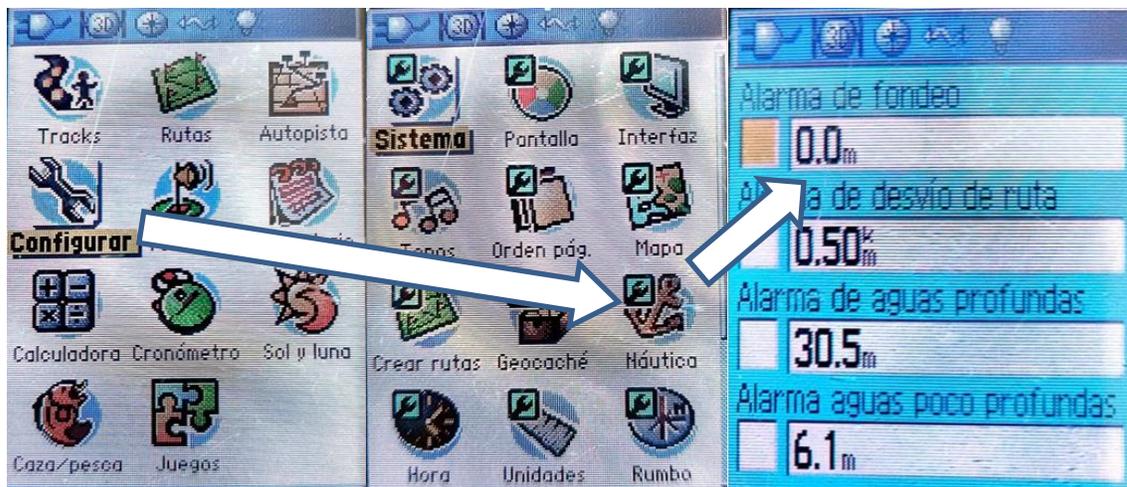


Figura 20. Configuración Náutica.

**Configuración de la hora.** Utilice esta página de configuración de la hora (Figura 21) para establecer el formato de la hora, la zona horaria y para configurar el horario de verano, la hora actual y la fecha aparecen en la parte inferior de la página. para acceder a la página de configuración de la hora es recomendable que siga estos sencillos pasos; en la página del menú de configuración, seleccione el icono de la hora y presione enter, se desplegara el siguiente menú de opciones en donde puede elegir los parámetros según el lugar o ciudad en donde se localice en este caso particular.



Figura 21. Configuración de la hora.

**Configuración de unidades.** Use la página de configuración de unidades para personalizar las unidades de medidas. Para ingresar a la página de configuración de unidades, en la página del menú configuración seleccione el icono unidades y presione **enter** (Figura 22).

- **Formato de posición.** las coordenadas para el sistema en las cuales una localización en particular se mostrará. El formato que viene por defecto es latitud y longitud en grados, minutos y milésimas de segundo (hddd°mm'mmm").
- **Datum de mapa.** estos describen localizaciones geográficas para topografía, cartografía y navegación y no hay mapas incorporados en el equipo, la configuración por defecto es WGS84. La unidad automáticamente selecciona el mejor Datum basado en el formato que ha elegido

- **Distancia/velocidad.** selecciona la unidad de medida para mostrar la velocidad y distancia recorrida.
- **altura (velocidad vertical).** seleccione la unidad de medición (pies (ft/min), metros (m/min) o metros (m/seg)) para mostrara su altura
- **profundidad.** selecciona la unidad de medida (Pies, Fathoms o metros).
- **temperatura.** seleccione la unidad de medida (Fahrenheit o Celsius).
- **presión.** puede elegir entre Pulgadas, Milibares o Hectopascales

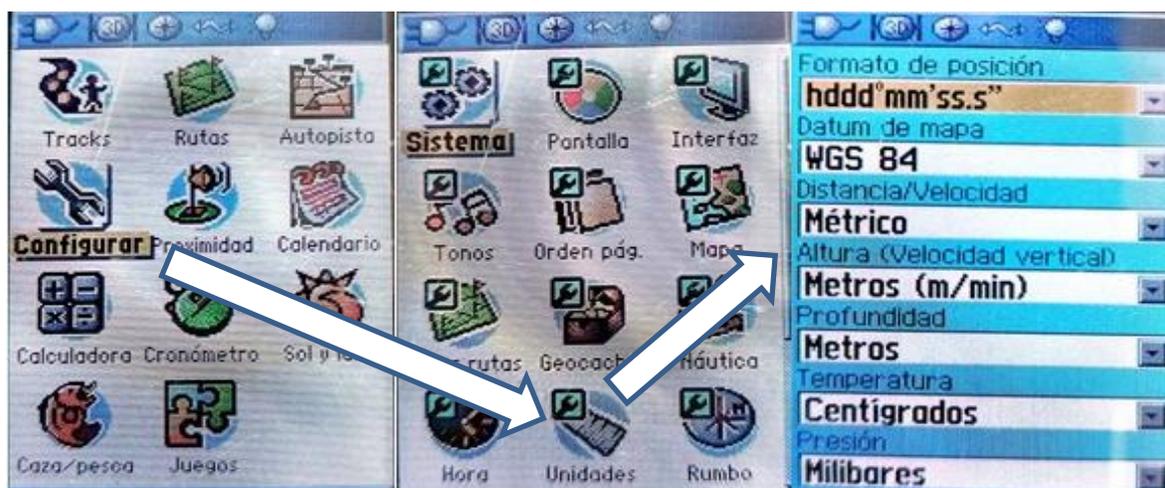


Figura 22. Configuración de las unidades.

**Configuración del rumbo.** Use esta página para especificar el tipo de pantalla de rumbo y el tipo de referencia del norte a usar para calcular su rumbo, para acceder a la página de configuración del rumbo, debe de ubicarse en la página de configuración seleccione el icono de Rumbo y presione **enter** (Figura 23).

- **pantalla.** Seleccione los valores (Letras cardinales, grados o mils) para mostrar su rumbo.
- **referencia del norte.** Proporciona el rumbo basado en la referencia del norte real.
- **cambia al rumbo del compás cuando estas por debajo de (por más de).** Seleccione la velocidad y el tiempo de retraso para el cambio del compás.



Figura 23. Configuración del rumbo.

### 4.7.3 Practica 3; Toma de puntos, creación de rutas y su margen de error

En esta práctica se explica algunas de las operaciones más comunes del GPSmap 60CSx incluyendo la creación y uso de waypoints, como crear y usar tracks y rutas.

#### 4.7.3.1 Creación y uso de Waypoints

Los waypoints son localizaciones o marcas de tierra que usted guarda en su GPS, son localizaciones a las que desea volver. Puede añadir waypoints a las rutas y puede ir directamente al waypoints seleccionándolo. Los waypoints pueden ser creados usando tres métodos puede pulsar la tecla marcar cuando este en el puntos u objeto, también para delimitar un polígono específico, también se puede crear waypoints en la página del mapa o introducir coordenadas para un waypoints manualmente.

##### 4.7.3.1.2 Marcar su posición actual

Use la tecla marcar para capturar rápidamente su localización actual para crear un nuevo waypoints debe tener una posición valida de (3D) fija para marcar su posición. La manera como vamos a marcar la posición ser la siguiente:

- Mantenga pulsada la tecla marcar hasta que aparezca la página de waypoints. Un nombre de tres caracteres aparecerá por defecto y un símbolo es asignado al nuevo waypoint.
- Para aceptar el Waypoint con la información por defecto, resalte la información y pulse **OK** y a continuación pulse **Enter**.

- Para cambiar cualquier información en la página Marcar waypoint, resalte el campo deseado, después de modificar los campos deseados, resalte **OK**, y pulse la tecla **Enter**.

#### 4.7.3.1.3 Como hacer un Waypoints usando el mapa

Puede crear Waypoints utilizando la página del mapa rápidamente y siguiendo los siguientes pasos:

- En la página del mapa, use el cursor para mover el puntero al elemento del mapa que desee marcar como Waypoint.
- Pulse y suelte rápidamente **Enter** para capturar la localización del puntero y abrir la página de información para el elemento del mapa.
- Resalte **Guardar**, y pulse **Enter** si el elemento del mapa seleccionado no contiene información, el mensaje “no hay información del mapa en este punto, ¿desea crear un Waypoint de usuario aquí? Resalte Si, y pulse **Enter** (Figura 24).
- Para cambiar cualquier información en la página de Waypoint, resalte el campo deseado y pulse la **Enter** para abrir el teclado gráfico. Después de introducir y confirmar sus cambios, resalte **OK**, y pulse enter.

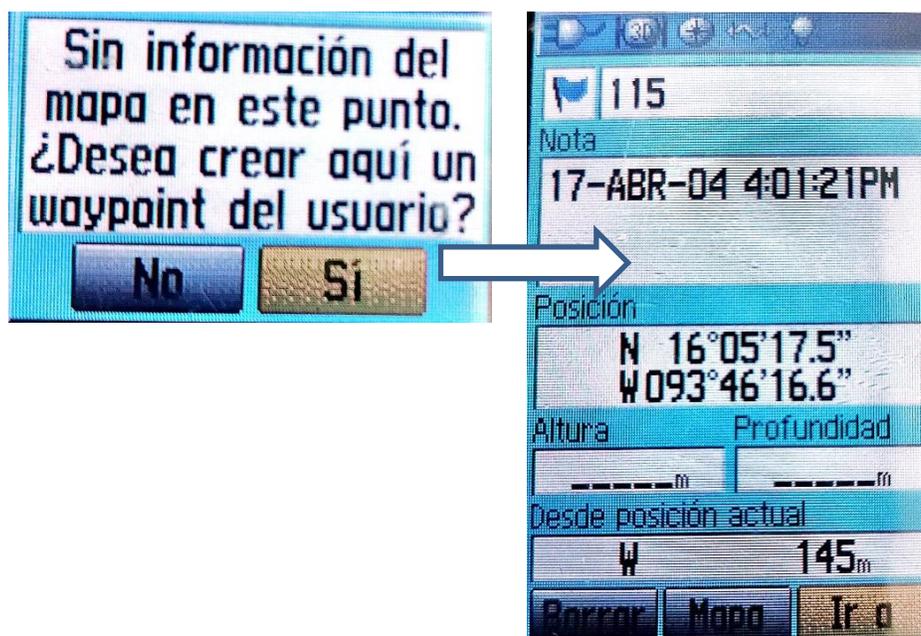


Figura 24. Creación de un waypoint desde el mapa.

#### 4.7.3.1.4 Creación de Waypoint por coordenadas

Puede introducir coordenadas al receptor GPS de localización de forma manual para crear waypoints. Este método es útil para crear un waypoint en una posición de latitud y longitud específica de una carta topográfica. Para crear un waypoint mediante la introducción de coordenadas, es importante realizar el siguiente proceso (Garmin, 2005):

Cree un nuevo Waypoint:

- En la página de waypoints, resalte el campo **localización** y pulse **Enter** para abrir el teclado gráfico.
- Use la tecla cursor para introducir las coordenadas de la localización, seleccione **OK** y pulse **Enter** cuando finalice (Figura 25).
- Pulse QUIT para salir.

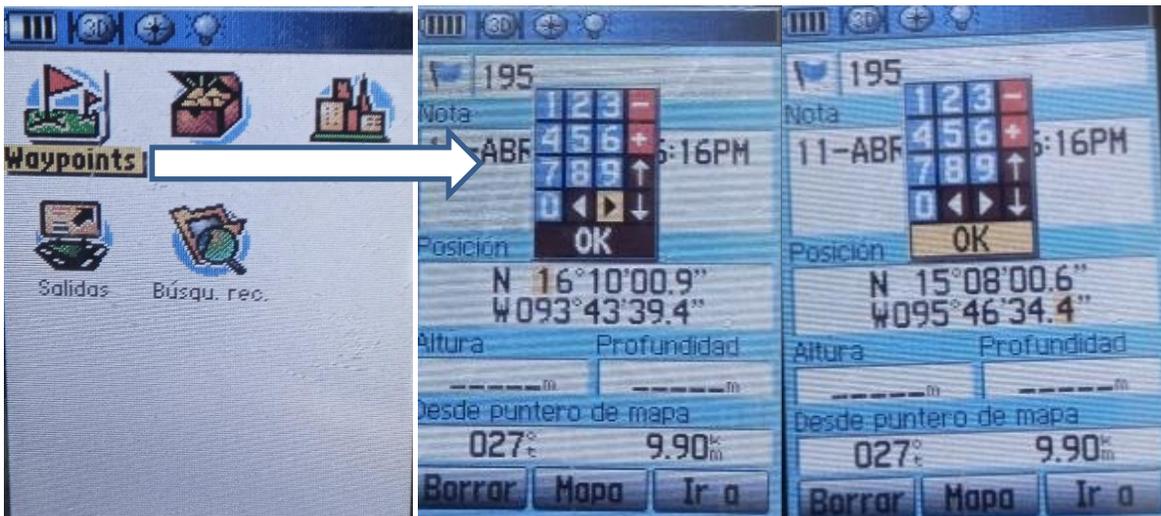


Figura 25. Creación de waypoint por coordenadas.

Esta técnica se realiza cuando se conocen las coordenadas de un sitio o en ocasiones cuando usamos un software de exploración y navegación como Google Earth en donde se ubica un sitio y se agrega una marca de posición, esta marca de posición contiene las coordenadas geográficas del lugar, dichas coordenadas las podemos ingresar manualmente a nuestro receptor GPS, por medio del método de creación de waypoint por coordenadas, también podemos ingresar las coordenadas geográficas de un plano, o carta topográfica.

#### 4.7.3.1.5 Edición de Waypoints

Puede editar waypoints cuando los cree o posteriormente, se puede cambiar el símbolo, el nombre, la nota, la localización, la altura y la profundidad. Para poder editarlos se recomienda siguientes pasos:

- Pulse buscar que es la tecla **Find** para abrir el menú encontrar.
- Resalte el icono waypoints, y pulse **Enter** para abrir la página waypoints.
- Seleccione el waypoint que desee editar y pulse **Enter**, la página waypoint se abrirá (Figura 26).
- Haga cambios mediante resaltar cada campo y use la paleta de símbolos de waypoints y el teclado alfanumérico para introducir los nuevos datos
- Pulse **Quit** cuando finalice.

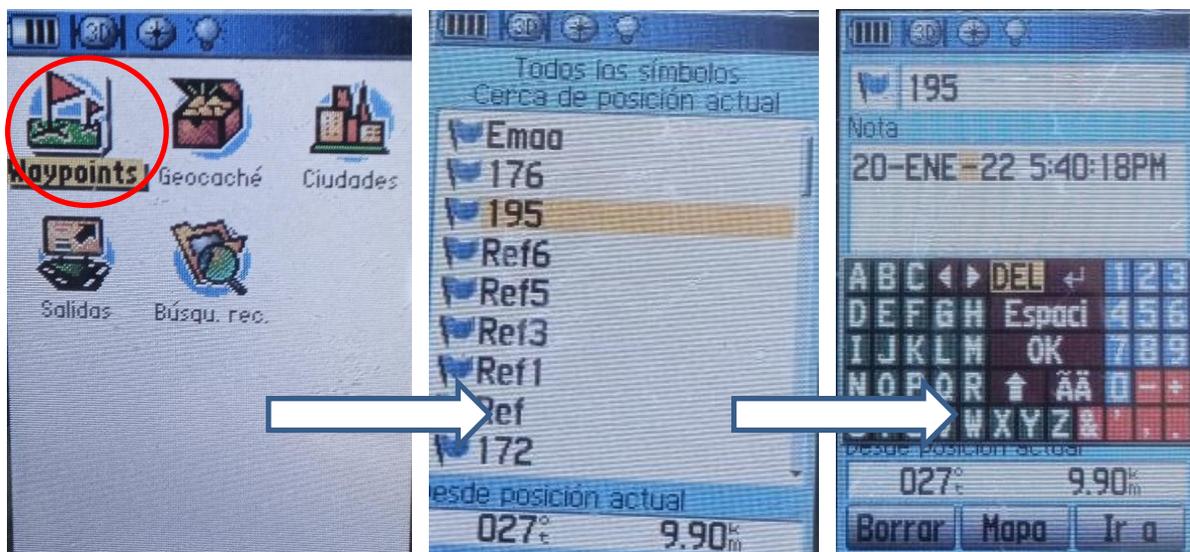


Figura 26. Procedimiento para editar waypoints.

#### 4.7.3.1.6 Eliminar Waypoint

Puede borrar waypoint desde la página de Waypoint, debe de tener presente que cuando borre un Waypoint no puede recuperarlo del equipo. Para borrar un waypoint siga los pasos siguientes:

- Pulse la tecla **Find** (buscar) para abrir el menú buscar
- Resalte el icono de waypoint y pulse **Enter** para abrir la página de Waypoint.
- Seleccione el waypoint que desee borrar y pulse **Enter** y la página de Waypoint se abrirá (Figura 27).
- Resalte el botón borrar y pulse **Enter** aparecerá un mensaje de confirmación.
- Resalte Si y pulse **Enter** para borrar el waypoint.

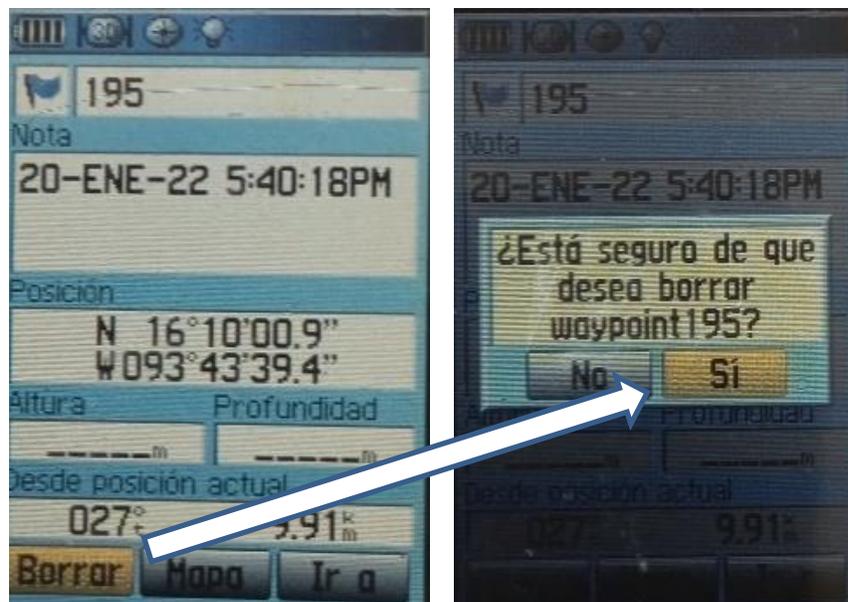


Figura 27. Procedimiento para eliminar waypoints.

#### 4.7.3.1.7 Mover un Waypoint en la página del mapa

- En el menú buscar, resalte el icono de waypoint y pulse **Enter** para abrir la página de waypoint.
- Seleccione el waypoint que desee mover y pulse **Enter** se abrirá la página waypoint.
- Resalte el botón mapa y pulse **Enter** para mostrar el waypoint en el mapa.

- Pulse **Enter** de nuevo para colocar una marca mover al lado del waypoint.
- Use la tecla **Cursor** para mover el waypoint a una nueva localización en el mapa (Figura 28) a continuación, pulse **Enter**.



Figura 28. Mover waypoint en el mapa.

#### 4.7.3.2 Como crear rutas en el GPSmap 60CSx

Se puede crear o modificar una ruta usando la página de rutas, así mismo se puede añadir waypoint a una ruta desde el menú buscar. También se puede crear rutas más complejas en su PC, con el programa Google Earth y transferirlo a la memoria del GPSmap 60CSx. Se cuenta también con la opción Auto-Rutas, las cuales se generan cuando selecciona Ir a.

Procedimiento para crear una ruta:

- Pulse Menú dos veces para abrir el menú principal.
- seleccione el icono de Rutas y pulse **Enter** para abrir la página de rutas
- use la tecla Cursor para seleccionar el botón Nuevo y pulse **Enter** para abrir la página de ruta (Figura 29).
- Con el campo Seleccionar siguiente punto seleccionado pulse **Enter** para abrir el menú buscar.
-

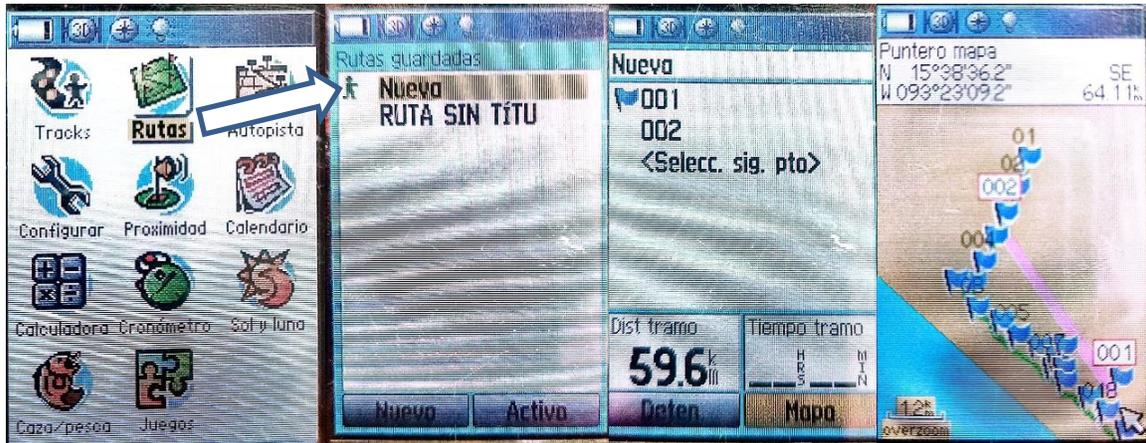


Figura 29. Procedimiento para crear rutas en el receptor GPSmap 60CSx.

#### 4.7.3.2.1 Métodos de navegación hacia un destino

Si selecciona el botón **Ir a** en la página de waypoint u otro menú **Buscar** elemento el GPSmap 60CSx crea un camino recto punto a punto desde su posición actual hacia esa posición.

Si selecciona el botón **navegar** en una página de ruta el GPSmap 60csx crea una ruta compuesta de varios waypoint del usuario o de elementos del menú **buscar** el último de los cuales será su destino, navega directamente de un punto a otro, antes de cada giro de la ruta aparecerá en pantalla una página de giro con un mensaje de guía y un gráfico de giro.

Estos dos métodos para navegar cambian al seleccionar desde la página de configuración de la ruta la opción **Seguir carreteras**, tanto la navegación **Ir a** y las rutas punto a punto se convierten en rutas que le permiten navegar usando carreteras.

## Como navegar por una ruta

Después de crear una ruta podrá comenzar a navegar inmediatamente o guardarla en la lista de rutas guardadas, a continuación, se explica cómo navegar en una ruta guardada (Figura 30).

- Presione menú dos veces para abrir el menú principal
- Seleccione el icono rutas y presione **Enter** para abrir la página de rutas
- Seleccione una ruta guardada y pulse Enter para abrir la página de rutas
- Seleccione el botón Navegar y pulse **Enter**
- Para detener la navegación presione **Enter**



Figura 30. Navegación en rutas creadas.

### 4.7.3.2.2 Edición de una ruta

Después de crear una ruta, use la página de ruta para editarla, puede cambiar el nombre y revisar puntos en la ruta.

## Como cambiar el nombre de una ruta

- Pulse menú dos veces para abrir el menú principal
- Seleccione el icono de rutas y presione para abrir la página de rutas
- Seleccione una ruta guardada y presione Enter
- Seleccione el campo de nombre de la ruta en la parte superior de la página de ruta y pulse Enter.
- Use la tecla cursor para utilizar el teclado gráfico y editar el nombre de la ruta.

## Como revisar puntos individuales de una ruta

- Pulse menú dos veces para abrir el menú principal
- Seleccione el icono de rutas y pulse Enter para abrir la página de rutas
- Seleccione una ruta guardada y pulse Enter
- Seleccione un punto en la página de ruta y pulse Enter para abrir el menú de opciones
- Seleccione revisión y pulse Enter para abrir la página de información del punto seleccionado
- Seleccione guardar (guarda el punto como waypoint), mapa (muestra el punto en la página del mapa), o Ir a (navegar hacia el punto) y presione Enter

## Como borrar una ruta

- Pulse el menú dos veces para abrir el menú principal
- Seleccione el icono de rutas y pulse Enter para abrir la página de rutas
- Pulse menú para abrir el menú de opciones
- Seleccione borrar todas las rutas y pulse Enter para borrar la lista de rutas guardadas, aparecerá un mensaje de confirmación preguntando ¿desea borrar todas las rutas guardadas? seleccione si y presione Enter

### 4.7.3.2.3 Como utilizar la página de opciones de ruta

La página de ruta muestra todos los puntos de la ruta seleccionada y guardados en memoria. Presione menú para abrir el menú de opciones de la página de ruta.

**Eliminar todo.** Elimina todos los waypoint en la ruta guardada

**Invertir ruta.** Invierte el orden de los puntos en la ruta guardada

**Perfil.** Crea un perfil vertical de la ruta.

**Copiar ruta.** Hace una copia de la ruta guardada con el mismo nombre seguido por un número único

**Borrar ruta.** Borra la ruta guardada

**Cambiar campos de datos.** Selecciona diferentes valores para los campos de datos de la parte inferior de la página.

**Restablecer valores iniciales.** Restablece los valores iniciales de fábrica.



Figura 31. Navegación con rutas guardadas empleadas para trabajo de campo.



Figura 32. Navegación en rutas guardadas de GPSmap 60CSx.

### 4.7.3.3 Precisión al navegar o tomar un Waypoint

La precisión para navegar se define como el error máximo admisible para la medición actual de la posición proporcionada por el GPS. Actualmente existen navegadores que están proporcionando precisión de la posición de menos de 4 o inclusive de 2 m.

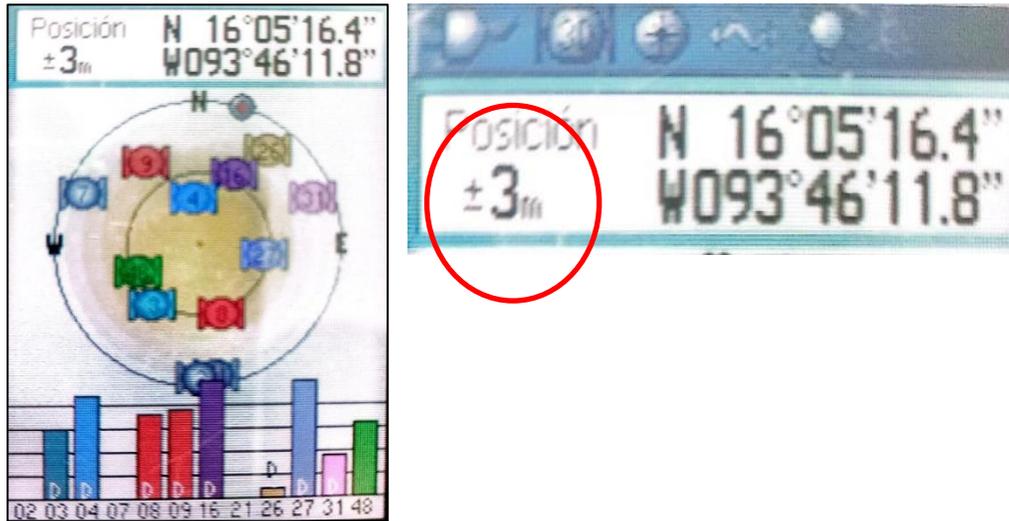


Figura 33. Indicador de precisión del GPSmap 60CSx.

En el proceso de arranque y localización de los satélites la precisión va mejorando en general con el paso del tiempo, en la medida que el receptor adquiere señal de los satélites lo ideal es que exista una disponibilidad de por lo menos 4 satélites para la óptima triangulación y una mejor precisión en la toma de los puntos a georreferenciar.

El GPSmap 60CSx (Figura 33) con una buena recepción de señal satelital puede lograr alcanzar una precisión de  $\pm 2M$ , funcionando con el sistema de referencia WGS84. Es importante mencionar que la precisión es fundamental al momento del levantamiento del waypoint, por ello se recomienda que al prender el GPSmap 60CSx se espere un rango de tiempo de aproximadamente 5 minutos para que no exista desfase en nuestras coordenadas.

#### 4.7.4 Practica 4; Uso del compás electrónico, altura y velocidad

##### 4.7.4.1 Uso del compás

Durante la navegación activa, la página del compás la guía con un compás gráfico en pantalla y un puntero de rumbo. Cuando se esté moviendo la página del compás provee datos sobre la navegación y dirección, utiliza un compás gráfico un puntero de rumbo y campos de datos digitales para mostrar información sobre la distancia al siguiente punto del trayecto, tiempo estimado de llegada (Figura 34).

El compás de anillo flotante le indicara la dirección a la que se dirige, el puntero de rumbo al waypoint/ruta le indica la dirección de su rumbo actual, la esfera del compás y el puntero de rumbo al waypoint funciona de forma separada para mostrarle la dirección del movimiento y la dirección hacia su destino puede elegir como guía el puntero de rumbo al waypoint o el puntero de guía (Garmin 2005).

##### Activación y desactivación del compás electrónico

- Mantenga pulsada la tecla Page para activar o desactivar el compás electrónico, el icono del compás aparece en la barra de estado cuando el compás está activado, se recomienda apagar el compás cuando no se está utilizando para ahorrar energía.
- Mantenga el navegador GPS nivelado para obtener una lectura precisa del compás electrónico, el mensaje de mantener nivelado aparecerá si no está sostenido el receptor GPS correctamente o si no está calibrado.



Figura 34. Indicador del compás electrónico.

#### 4.7.4.2 Página del procesador del trayecto

La página del procesador del trayecto le proporciona una amplia variedad de datos del trayecto útil cuando se navega distancias largas, le indica velocidad actual, velocidad media, cuenta kilómetros y muchas otras estadísticas útiles para la navegación. Puede personalizar la pantalla del procesador de trayecto para que se adapte a sus necesidades, desde la página del mapa (Figura 35).

**Menú de opciones del procesador de trayecto.** Las siguientes opciones están disponibles: **Reiniciar**, la opción reiniciar para que pueda guardar datos nuevos de cada viaje. La página de reinicio ofrece opciones para reiniciar los datos del procesador de trayecto, esta permite seleccionar y deseleccionar todos los elementos, resalte el botón Aplicar y pulse Enter para completar el reinicio.

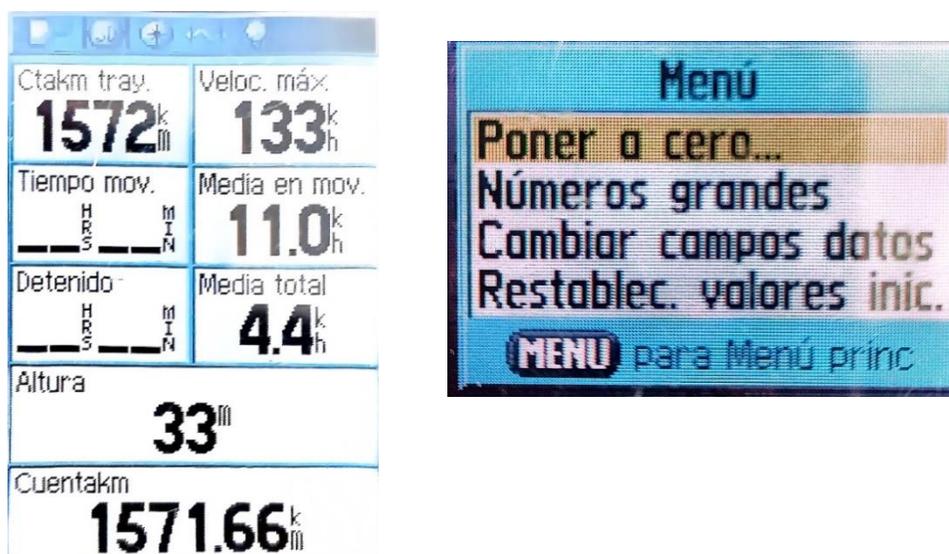


Figura 35. Indicador del procesador de trayecto y menú de opciones.

#### 4.7.4.3 Altura

La altura es proporcionada por el receptor GPS en la página del altímetro, representado en graficas de altura o de presión, pero también se puede visualizar en grafica en el tiempo (grafica sobre distancia), utilice estas dos opciones de medición para observar cambios sobre un periodo establecido o cambios sobre una distancia. La gráfica de presión de altura, al seleccionar esta opción se dibujará un perfil de los cambios de altura que se han dado en una distancia o tiempo establecido durante su navegación (Figura 36).

Sin embargo, al seleccionar la gráfica de presión se observa en la pantalla del receptor GPS un registro de los cambios en la presión barométrica durante un periodo de tiempo establecido.

Como ver las gráficas de altura o de presión:

- Use la tecla cursor para seleccionar la opción que desea del menú de opciones de la página del altímetro y pulse Enter.
- Ajuste las medidas de tiempo y distancia usando las escalas de zoom de la gráfica de altura.
- Para borrar la gráfica, borrar el Track log y podrá iniciar de nuevo.

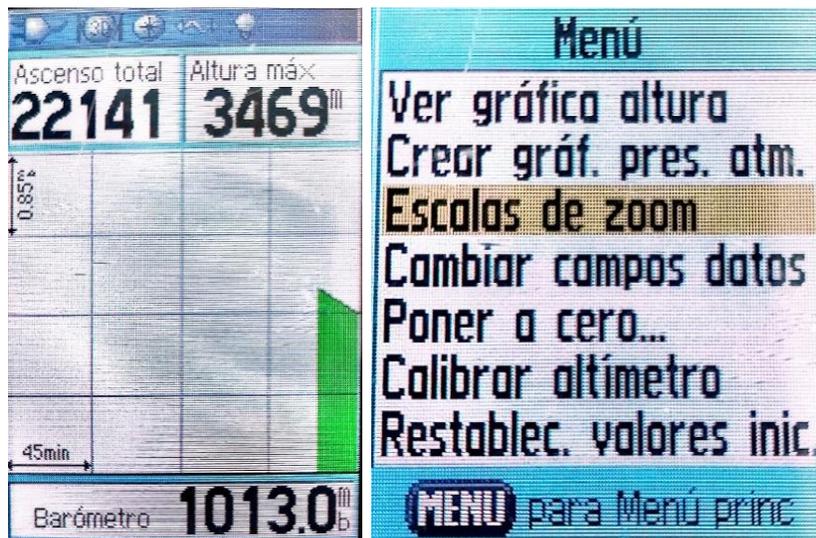


Figura 36. Página del altímetro y configuración.

#### 4.7.4.4 Visualización de puntos

Puede desplazarse a través de los perfiles de altura o presión guardados para ver los datos de cualquier punto en el perfil, cuando los ejes de coordenadas rojas están quietos en una posición en el perfil, la pantalla muestra la altura o la presión, la hora y la fecha del punto que se ha creado. A medida que mueve los ejes por el perfil la ventana de estado en la parte inferior de la página cambia para mostrar la fecha, hora y la altura o presión del punto de intersección (Garmin, 2005). Para ver los puntos utilice los siguientes pasos:

- Pulse menú para abrir el menú de opciones de la página del altímetro
- Seleccione ver graficas de presión o ver graficas de altura y pulse Enter para abrir la página de gráficas.
- Pulse la tecla cursor hacia la izquierda o la derecha para mover los ejes de coordenadas rojas por perfil.

#### **4.7.5 Practica 5; Navegación con GPS y sincronización con Google Earth**

##### **4.7.5.1 Navegación**

Al navegar con un receptor GPS, este determina con exactitud nuestra posición (mostrándola incluso en un mapa) y altitud, además nos permite definir y seguir una dirección o un punto de destino (o una ruta de varios puntos), además de proporcionarnos permanentemente nuestra velocidad, distancia, tiempo previsto de llegada, recorrido y hora. También nos permite guardar en la memoria del navegador GPS los puntos de referencia (Waypoint) y rutas.

Todo lo anterior se puede realizar de día o de noche en cualquier parte del mundo y en diferentes sistemas de coordenadas y unidades de medida. Los modelos portátiles de GPS como lo es el Garmin GPSmap 60CSx incluyen cartografía interna misma que nos permitirá ver en pantalla un mapa detallado de nuestra posición.

Un dispositivo GPS nos permite planear una ruta sobre el mapa, incorporarla como una serie de puntos al propio GPS, para posteriormente recorrerla con exactitud sobre el terreno, el mar o el aire, del mismo modo una ruta recorrida sobre el terreno (un itinerario de montaña, de bicicleta o en automóvil, un muestro de una investigación) sobre el mar o el aire, siendo definida y almacenada en la memoria del GPS.

El empleo del GPS en las disciplinas geofísicas y naturales como la Licenciatura de Biología Marina y Manejo Integral de cuencas es amplio, ya que podemos delimitar y medir determinado territorio o el de cierta especie, así como su distribución, también nos ayuda para medir la superficie de una laguna o de un tramo de un río (aforos, puentes, cascadas).



Figura 37. Sincronización de datos de navegación del GPS en Google Earth.

#### **4.7.5.2 Gestión de los datos**

En general los receptores GPS producen archivos en un formato que abarcan un espacio considerable, para el buen funcionamiento de los programas de cálculo y edición de los datos obtenidos por cualquier GPS, es primordial considerar la codificación y el buen uso del programa elegido para procesar los datos con la finalidad de evitar que algún archivo sea destruido y para mantener una clara correspondencia entre el nombre de los puntos que desea georreferenciar y el nombre del archivo en el que están contenidos los datos que lo permiten (Vázquez, 2012).

#### **4.7.5.3 Software utilizados para la gestión de datos del receptor GPS: Garmin Basecamp y Google Earth Pro**

Ambos softwares son de libre descarga y ofrecen herramientas básicas necesarias para pasar los datos generados en nuestro GPS a nuestro ordenador personal y a la vez realizar rutas o puntos específicos desde el gabinete y visualizarlos en campo con el dispositivo GPS (Figura 37).

Para esta práctica utilizaremos el programa Garmin BaseCamp 4.7.4 y Google Earth Pro 7.3.6.9326 ambos disponibles en línea de manera gratuita.

Primero accederemos al sitio oficial de descarga de cada programa, enlaces a continuación disponibles:

**Basecamp:** <https://basecamp.com/>

**Google Earth:** <https://maps.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html>

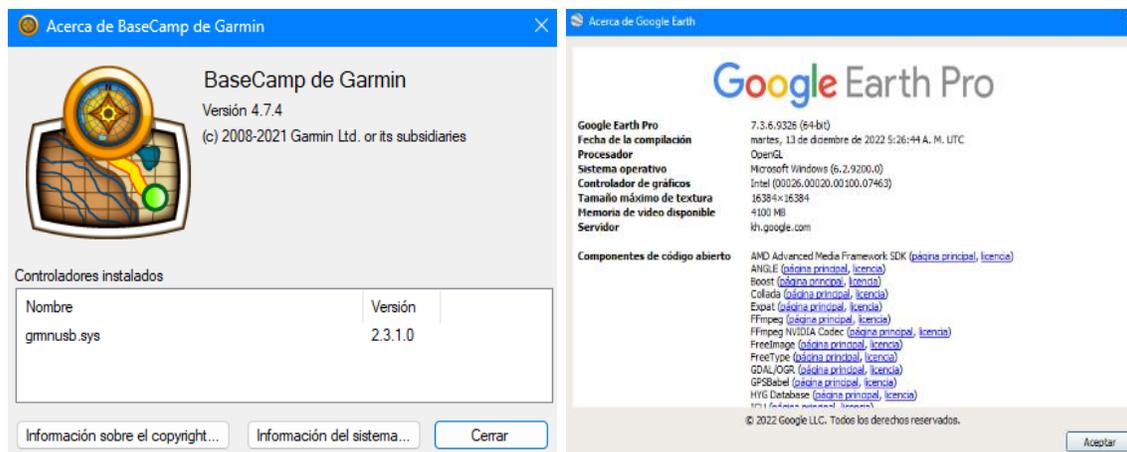


Figura 38. Propiedades de versión de BaseCamp y Google Earth.

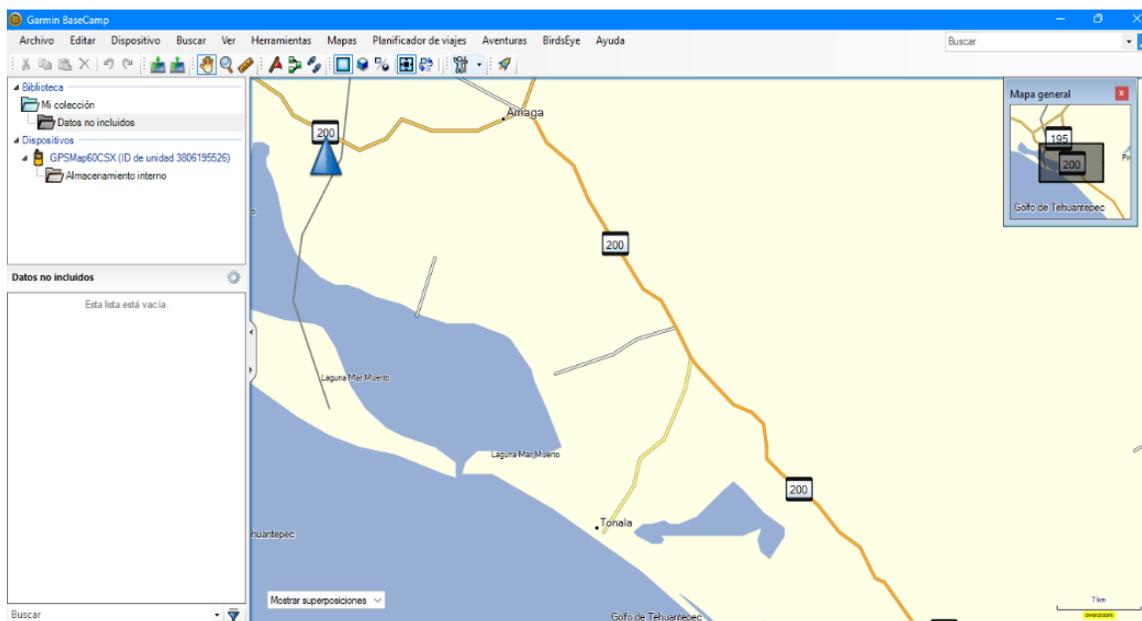


Figura 39. Interfaz de Garmin BaseCamp.

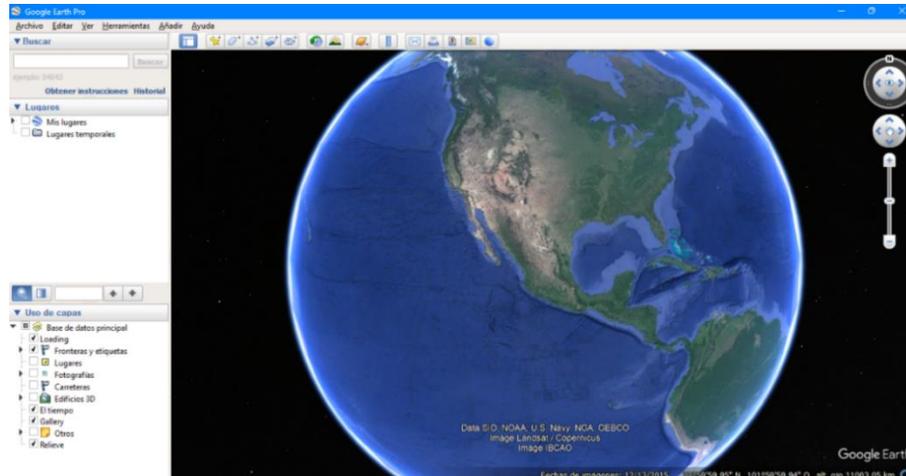


Figura 40. Interfaz de Google Earth Pro.

#### 4.7.5.4 Procedimiento para transferir datos del GPS al ordenador

Una vez se han tomado los datos a emplear, será necesario pasarlos al ordenador en función de la importancia o preferencia de los mismos.

El proceso de conexión es mediante el puerto USB. Para realizar la transferencia necesitaremos:

- Cable de conexión al ordenador
- Programa que permita acceder al GPS, en este caso Garmin BaseCamp.

La salida de conexión del **GPSmap 60CSx** es micro-USB y el cable que viene incluido es de salida USB.

Encenderemos primeramente el GPS, procederemos a conectar el cable de salida al mismo y después al USB del ordenador (Figura 41).

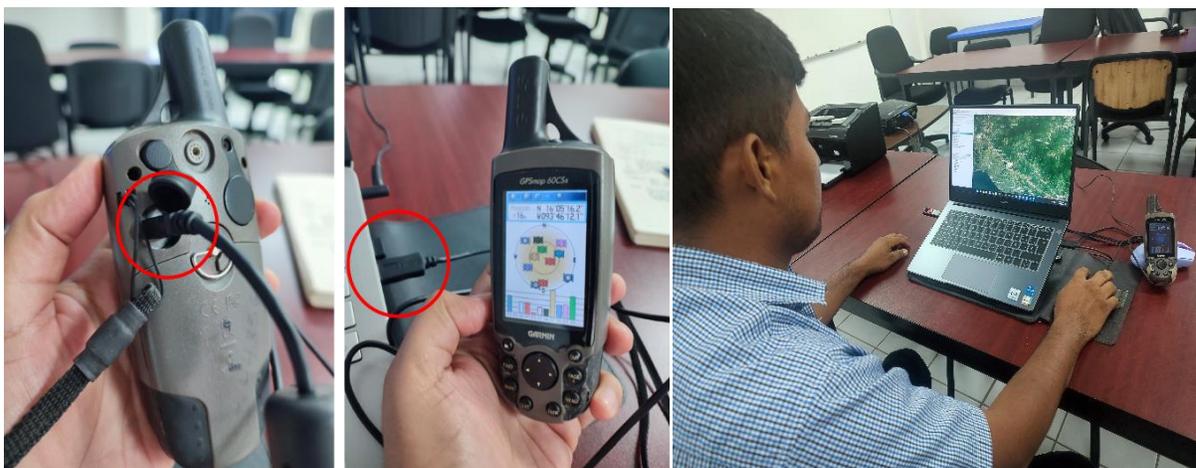
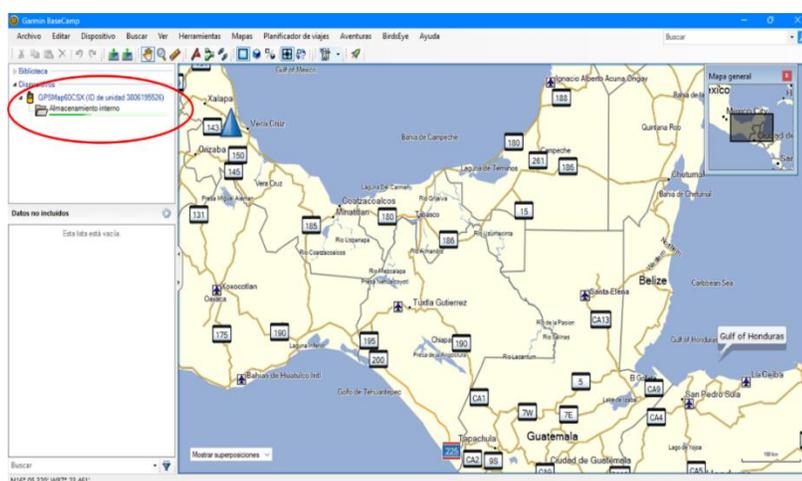


Figura 41. Transferencia de salida y entrada del GPSmap 60CSx al ordenador mediante puerto USB (Elaboración propia).

Una vez conectado al USB, el GPS detectará la conexión y se pondrá en un modo automático para el ahorro de energía de las pilas usando la propia conexión del USB como fuente de energía para funcionar.

Procedemos a abrir el programa Garmin BaseCamp y este de manera automática identificara el nuevo dispositivo accediendo a la memoria interna del dispositivo (Figura 42).

Una vez el programa termine de analizar la memoria de nuestro dispositivo GPS, todos los datos del mismo estarán disponibles en la columna inferior izquierda, y estarán también representados en el mapa.



**Figura 42. Detección del dispositivo GPS automáticamente después de conectarse.**

Antes de la transferencia de los datos es importante revisar el Datum y el sistema de coordenadas con el cual trabajaremos desde gabinete, de manera general WGS84 es el Datum con el que trabaja Google Earth, mismo caso para los datos compartidos de los GPS (extensión .GPX o XML).

Los datos de la memoria interna del GPS se desplegarán en el programa, todos los waypoint ilustrados como banderas azules, los Tracks como figura de pasos, y las rutas como una figura de persona con 3 cuadros enlazados (Figura 43).

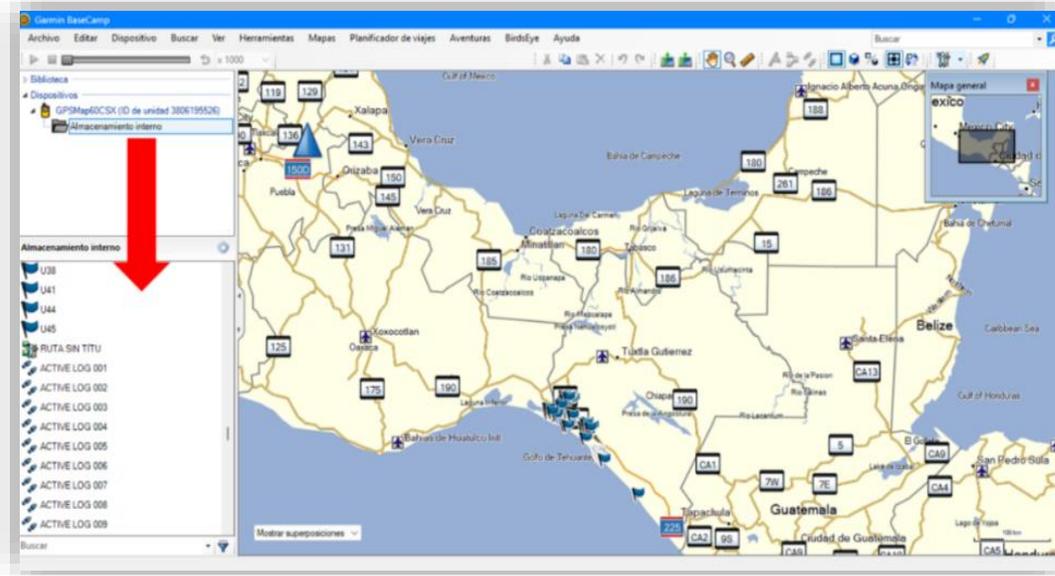


Figura 43. Datos de la memoria del GPS desplegados en el mapa.

#### 4.7.5.5 Transferir Waypoint, tracks y rutas a Google Earth

Transferiremos un track trabajado en el GPS. Después de conectar el dispositivo al ordenador y una vez tengamos todos los datos de la memoria interna del GPS desplegados en el programa Garmin BaseCamp, seleccionaremos el track, iremos a la opción de archivo, exportar, exportar selección. Se desplegará un recuadro de ruta donde vamos a guardar el archivo, seleccionamos la carpeta deseada, revisamos que el formato de extensión este en formato .GPX o XML y procedemos a guardar.

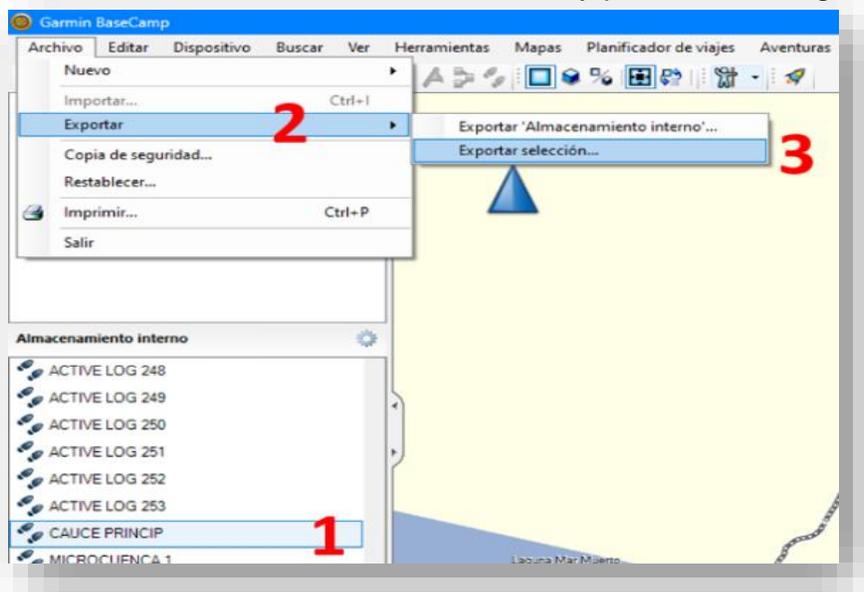


Figura 44. Exportar datos del GPS al ordenador.

#### 4.7.5.6 Procesamiento de los archivos de GPS al Google Earth y viceversa

Los archivos que genera el receptor GPS Garmin GPSmap 60CSx de extensión GPX o XML son compatibles con el programa Google Earth, por lo que teniendo el programa abierto iremos a la pestaña “abrir” y buscar la dirección donde guardamos nuestro archivo exportado del GPS. Una vez abierto el archivo este se desplegará en el mapa del programa permitiendo visualizar la información sobre una capa de mapa satelital.

Para el caso de realizar el procedimiento empezando desde un proyecto en Google Earth, como puede ser una serie de puntos de muestreo sobre el cauce de un arroyo, por ejemplo, comenzamos realizando estos últimos, desplazándonos en el área de lugares dentro del mismo programa y guardando nuestros puntos de marca de posición, cada uno de ellos, mediante la opción “guardar lugar como”. Cada archivo quedara en formato KML (Figura 45).

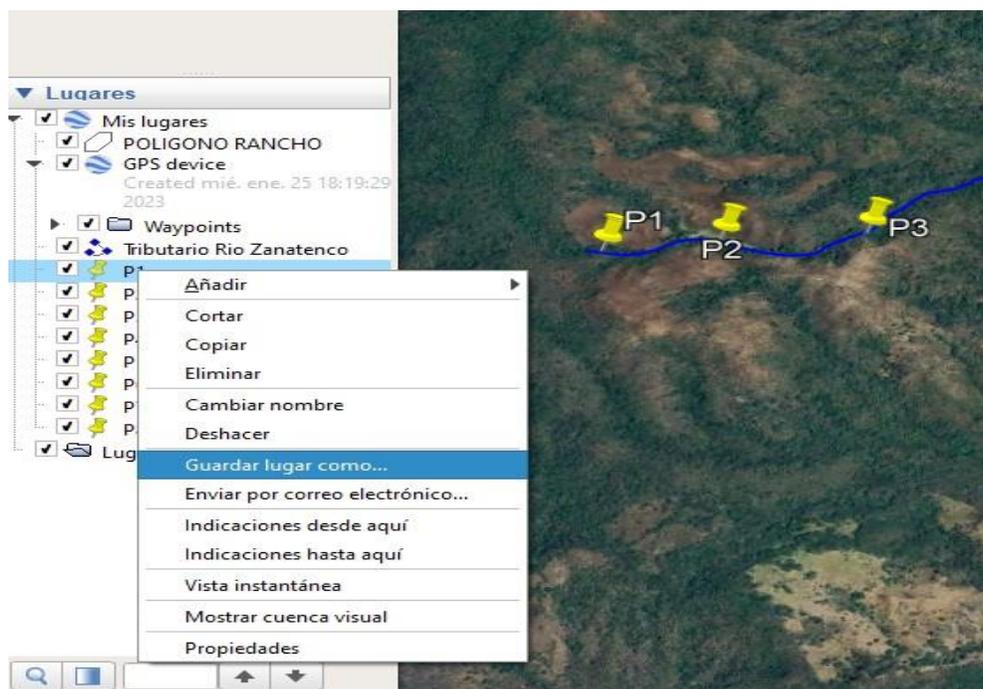
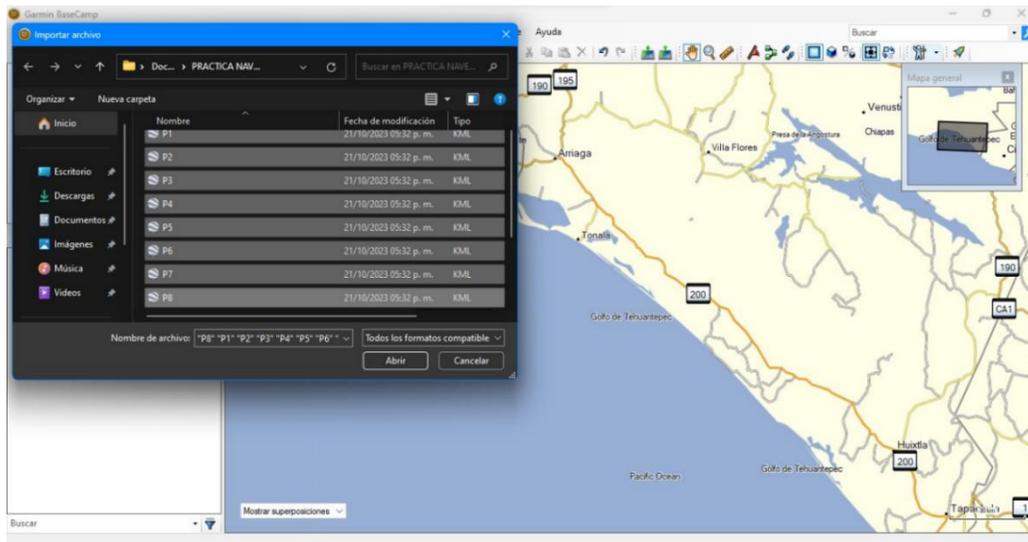


Figura 45. Puntos de posición guardados en el ordenador.

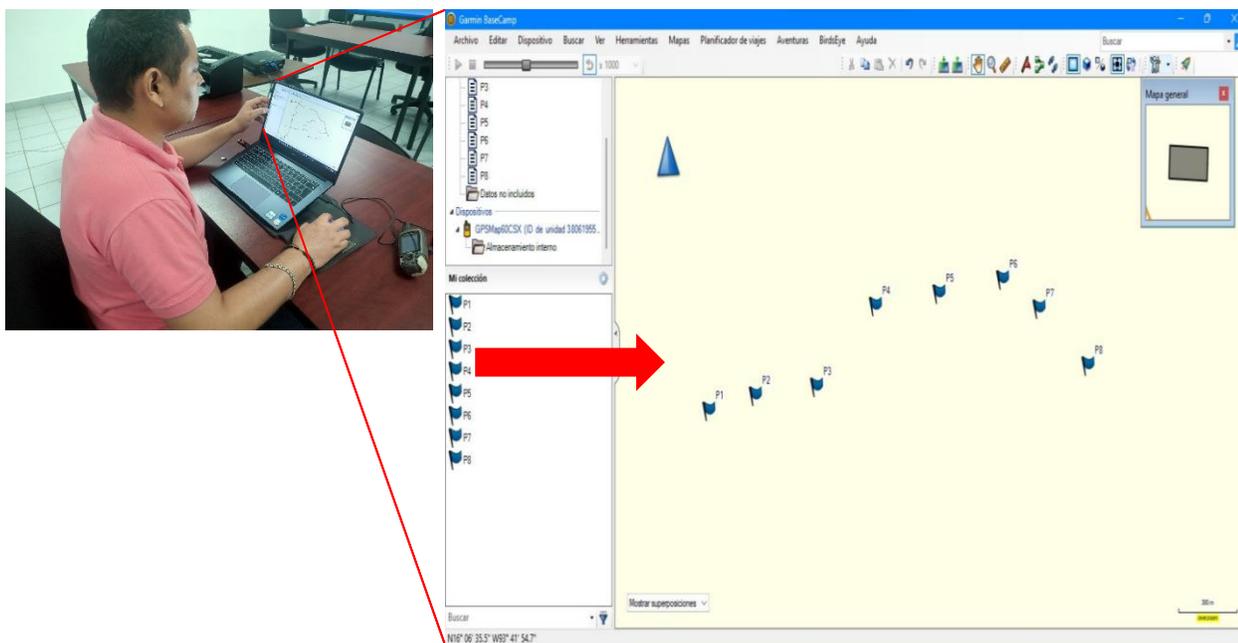
Cada uno de estos puntos una vez quedan guardados podremos desplegarlos en nuestro GPS a fin de establecer una ruta de recorrido o simplemente visitar cada punto de posición.

Abriremos el programa BaseCamp, con el GPS conectado seleccionamos la ventana “archivo” después la opción “importar a mi colección” (Figura 46).



**Figura 46. Importación de puntos de posición de Google Earth a BaseCamp.**

Después de la importación de los puntos podremos ver desplegados los mismos en BaseCamp (Figura 47).



**Figura 47. Puntos de posición de Google Earth desplegados en BaseCamp.**

Luego de esto, procederemos a guardar los puntos en la memoria interna del GPS, por ello primero uniremos todos esos puntos de posición en una sola ruta (Figura 48).

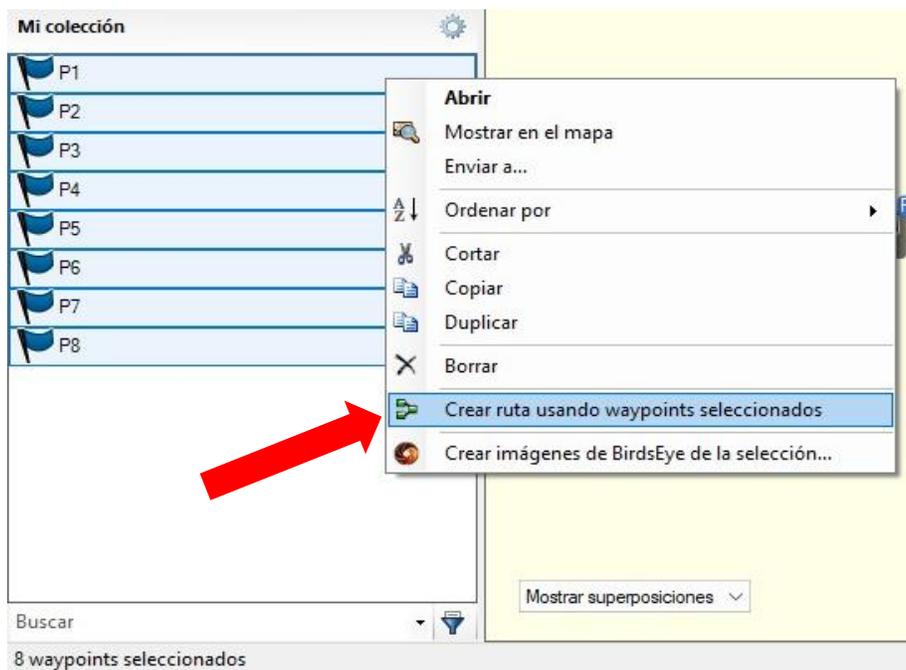


Figura 48. Creación de ruta usando los puntos seleccionados.

Una vez creada la ruta (Figura 49) a la cual le podemos agregar un nombre o algún código para identificarla, procederemos a guardarla en la memoria interna del GPS. Para ello abriremos el menú “archivo”, nos ubicamos en la opción “exportar”, y seleccionamos la opción “exportar almacenamiento interno”.

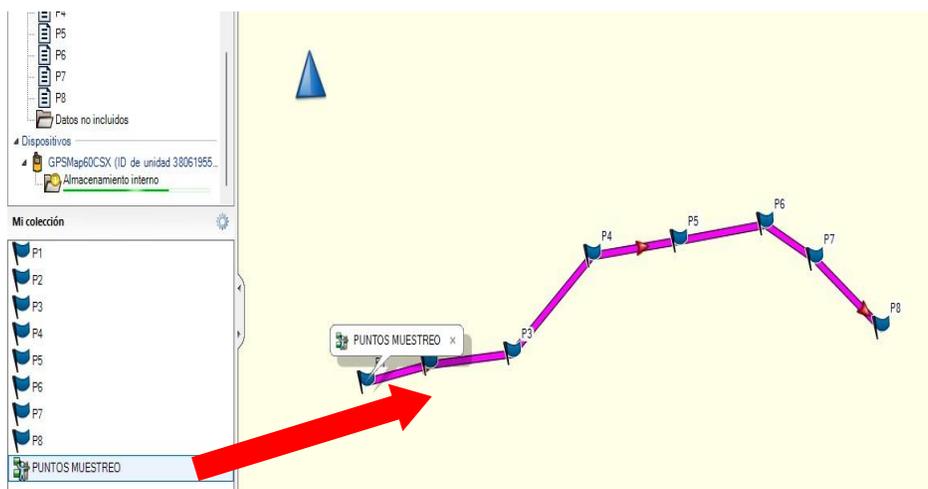
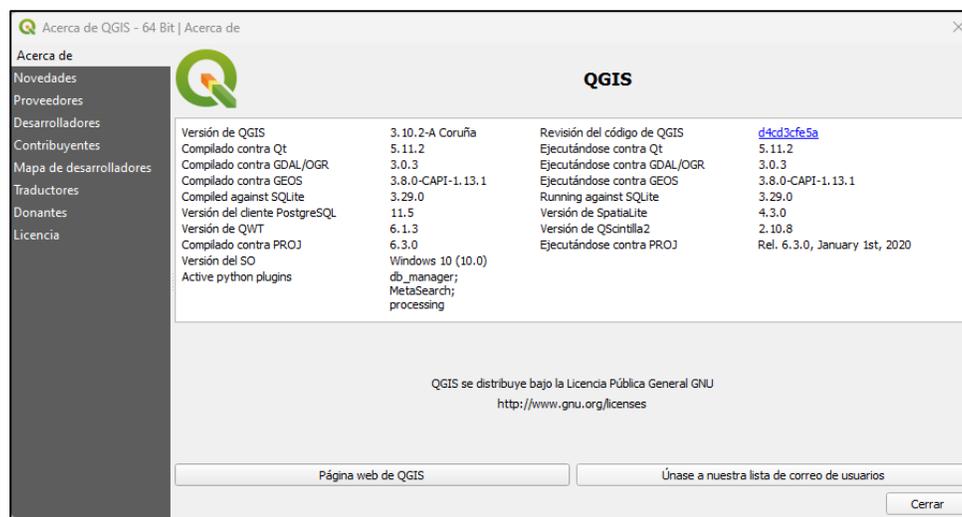


Figura 49: Ruta creada a partir de waypoints.

Para visualizar los datos en un mapa y podamos incluir diversas capas de diversos temas como topografía u otra capa de interés del mismo lugar, es necesario la conversión de los archivos KML a formato Shapefile de ESRI para emplearles dentro de un programa de edición, en este caso se recomienda emplear ArcMap, pero para ello será necesario utilizar antes otro programa llamado QGIS (Figura 50).



**Figura 50. Pantalla de propiedades del programa QGIS.**

Describiremos brevemente este procedimiento a razón de que será necesario tener nuestros archivos de trabajo en el GPS disponibles en extensión Shapefile para pasar a la edición final de nuestro trabajo en campo.

Para abrir el archivo KML en el programa QGIS se selecciona la opción añadir capa vectorial, aparecerá una ventana llamada añadir capa vectorial y desde el botón explorar se busca la carpeta que contiene los archivos, en ocasiones no aparecen por lo que hay que asegurarnos que la extensión de los archivos este en KML sino hay que cambiarla para que sea visible, a continuación, seleccione la opción abrir.

Se abrirá el archivo y aparecerán líneas, puntos o polígonos dependiendo de lo que se halla guardado y que es lo que vamos a convertir, en la parte izquierda del programa aparece un cuadro de vista general donde se despliega el panel de capas, se da clic derecho en cada capa que se desea guardar, seleccionando la opción

guardar como, se busca la carpeta donde queremos guardar nuestro archivo, y cambiamos la extensión del archivo a Shapefile de ESRI para poder abrir el archivo en ArcMap.

Para la continuidad de este procedimiento de edición recomendamos el empleo del manual básico de ARQGIS 10 del Centro de Investigaciones Costeras disponible en <https://repositorio.unicach.mx/>.

#### **4.7.5.7 Georreferenciación**

La georreferenciación consiste en identificar todos los puntos del espacio, mediante coordenadas referidas a un único sistema mundial (Díaz, 2014). Es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas, puesto que todos los elementos de un mapa, tienen una ubicación geográfica y una extensión específica que permite situarlos en la superficie de la tierra (Díaz, 2022). Esta técnica resuelve dos grandes cuestiones, permite conocer la forma, dimensión y ubicación de cualquier parte de la superficie terrestre o de cualquier objeto sobre ella, además de vincular información espacial provenientes de distintas fuentes y épocas, condición necesaria para el desarrollo de los sistemas de información territoriales o geográficos (Huerta *et al.*, 2005).

Lo nuevo es que a partir de las tecnologías actuales como el navegador GPS, es posible utilizar un sistema de referencia único y mundial obteniendo una relación costo-beneficio totalmente favorable.

Criterios para la Georreferenciación:

- Establecer la precisión que sea necesaria en las coordenadas
- En base a ello hay que elegir el instrumento y el método de medición, respetando la precisión exigida reduzca el trabajo solo a lo necesario.
- Partir de un punto que tenga coordenadas confiables, garantizadas por entidad responsable, que tenga una precisión adecuada, ubicado a distancia compatible con el navegador GPS a utilizar.
- También se debe de considerar si se parte de un punto cuyas coordenadas están expresadas en un antiguo sistema de referencia, debe de tenerse en

cuenta que al efectuar la transformación de estas coordenadas al marco de referencia actual se utilizan parámetros de transformación que contienen errores que inevitablemente influyen en las coordenadas obtenidas, por tanto, cualquier error en el punto de partida se traslada a todo el levantamiento (Huerta *et al.*, 2005).

- Siempre debe de existir algún método de control, con el GPS es muy rápida la medición sobre una radiación sin control.
- Si se quiere Georreferenciar un levantamiento ya existente, estos datos están expresados en dos dimensiones es decir en un plano y que los datos existentes son tridimensionales, en este caso es necesario revelar al menos tres puntos para calcular parámetros de transformación, o tomar la idea de mejorar el cálculo relacionando mejor cantidad de puntos.
- En algunos casos se puede combinar la medición con GPS y el uso de medios terrestres de levantamiento, es necesario resolver la manera de efectuar las transformaciones de coordenadas de un sistema local al sistema general y viceversa.
- Siempre debe especificarse el marco de referencia al cual corresponden las coordenadas, sin un marco de referencia conocido pueden ser fuente de importantes errores.

#### **4.7.6 Practica 6. Levantamiento topográfico de predios con GPS y la transferencia a Google Earth**

Se realizaron dos prácticas, una de ellas se llevó a cabo en el rancho “El parral” ubicado en la ranchería Rio Flor, municipio de Tonalá, Chiapas. Para desarrollar esta práctica se contó con el apoyo del equipo Garmin GPSmap 60CSx calibrado con los siguientes parámetros:

- Datum: WGS84
- Unidad de medida: metro
- 2 baterías alcalinas
- Precisión:  $\pm 2m$ .

##### **4.7.6.1 Levantamiento de puntos con el receptor GPS**

El levantamiento de los puntos con el receptor GPS se realizó con la creación de waypoints en cada mojón del rancho, se encendió el receptor GPS y se le da un aproximado de 10 minutos para comenzar con la toma de las coordenadas, posteriormente se sigue la línea del alambrado del rancho, es decir, la delimitación de la propiedad. Así mismo se llevó el registro en bitácora, tomando lectura de las coordenadas de cada punto y su margen de error, lo anterior como respaldo de la información recabada.

En la bitácora del levantamiento topográfico es importante mencionar algunos rasgos visibles como qué tipo de vegetación se encuentra en el lugar, condiciones climáticas (si esta soleado, nublado, con viento o lluvia), asentamientos humanos, también es muy importante anotar en la parte superior de la bitácora el código o número con el cual queda registrado en el receptor el punto levantado. De la misma manera es indispensable registrar la fecha y hora con la que se toma dicho punto topográfico.

##### **4.7.6.2 Método de levantamiento de datos topográficos**

Se entiende por levantamiento topográfico al conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita

determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno ya sea directa o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno (Pachas, 2009).

El método empleado para la recolección de los puntos en los mojones del rancho fue el dinámico absoluto, con un margen de error promedio de  $\pm 2\text{m}$  tomando como inicio un punto ya conocido que además se encuentra referenciado por el límite de la carretera Tonalá - Miguel Hidalgo 1, en donde se inicia con la toma del levantamiento topográfico tomando y registrando un total de 25 puntos en el predio.



**Figura 51. Levantamiento de puntos topográficos por medio del método estático en campo (Elaboración propia).**

Para el levantamiento de los puntos se tomaron los valores de los puntos anotándolos en una libreta de campo, las coordenadas, altura, numero de satélites disponible y margen de error que relativamente en la mayoría de los puntos fue de aproximadamente  $\pm 2\text{m}$  (Figura 51).

Las coordenadas también fueron guardadas como track y como waypoint en el receptor GPS, para facilitar en análisis de los datos topográficos del terreno mediante utilizando para ello el método de creación de waypoint.

Finalmente, la recopilación de datos fue llevada a gabinete para su exportación (Figura 52) y despliegue en Google Earth (Figura 53).

Considerando que la fiabilidad del GPS puede fallar y en ese caso perderíamos los datos guardados, se recomienda tener disponibles los datos anotados en la libreta de campo ya que será siempre un mejor respaldo de la información.



Figura 52. Procesamiento de datos obtenidos del GPS.

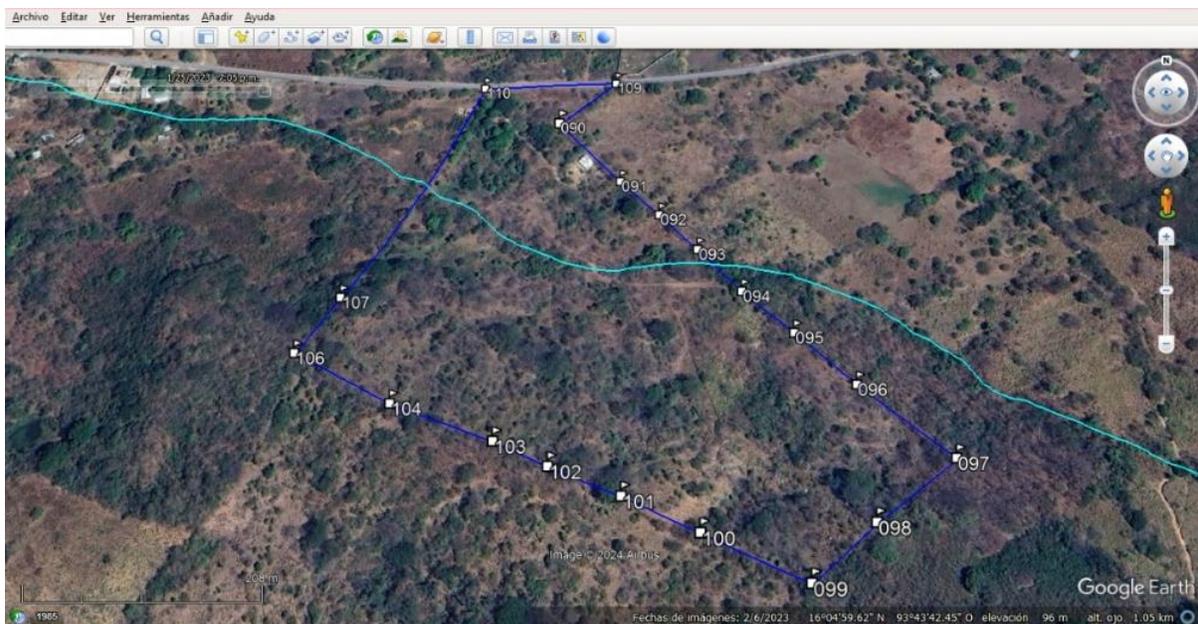


Figura 53. Datos exportados del levantamiento topográfico del GPS a Google Earth.

## V. CONSIDERACIONES FINALES

Este manual va a servir como una guía didáctica para los estudiantes de las Licenciaturas Biología Marina y Licenciatura en Manejo de Recursos Hídricos, las cuales incorporan el uso y aplicación de GPS, lo que les permitirá un aprendizaje más fácil y autodidacta, ya que el principio de navegación dentro de los GPS es similar a los modelos más avanzados, ofrecen más opciones u otras opciones.

Este manual está basado en el modelo de GPSmap 60CSx de la marca Garmin y es muy posible que en la actualidad se encuentre nuevos modelos de GPS del mismo modelo y marca; sin embargo, el funcionamiento de las herramientas de estos nuevos modelos es similar, por lo que puede ser usado como manual básico de estos nuevos GPS, no obstante, deberán considerar la incorporación de nuevas herramientas del usuario y de transferencia de datos.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Aldana-Boutin, R. M. 2019. Conceptos de geomática y su aplicación en la docencia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá. Colombia. P 328.
- Alvarado-Mendoza, P. M., Fuentes-Díaz, M. A. 2005. Funcionamiento y aplicaciones de tecnologías GPS (sistemas de posicionamiento global) y el proyecto Galileo. Tesis de ingeniería. Facultad de ingeniería de sistemas. Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena.
- Antichán, M., Morán, J. y Núñez, S. 2009. Sistema de posicionamiento global aplicado al tráfico inteligente para organismos de emergencia. *Red de revistas científicas de américa latina, el caribe, España y Portugal*. 8 (2): 56-69.
- Armendáriz, L. 2019. El sistema Galileo. Universidad Politécnica de Valencia. European Global Navigation Satellite Systems Agency. Navigation Solutions Powered By Europe.
- Ayala-Ramírez, A. y Hasbun-Bardales, M. M. 2012. Aplicaciones y uso de la tecnología de GPS diferencial de doble frecuencia con precisión centimétrica en el área de levantamiento y replanteo topográfico georeferenciado. Tesis de ingeniero civil. Facultad de ingeniería y arquitectura. Universidad de el salvador. San Salvador.
- Banda, A., William, B., Cuevas, O., Garzón, J., Gómez, A., González, Y., Martínez, J., Mendoza, N., Peña, L. B y Sarmiento, I., 1997. Acerca del sistema de posicionamiento global (GPS). *Cuadernos de Geografía*. 1-2(6): 39-59.
- Bell, A. L. 2019. La matemática detrás del GPS. Propuesta Didáctica para matemática: nivel secundario. Universidad Nacional Del Sur. Bahía Blanca. Argentina.

- Benítez-Escobar, J. 2018. Uso del sistema de posicionamiento global (GPS GNSS RTN) para el levantamiento de hechos de tránsito terrestre en la ciudad de Puebla, México. Tesis de Maestría en Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla.
- Berné, J. L., Anquela, A. B. y Garrido, N. 2014. Gns. Gps: fundamentos y aplicaciones en Geomática. Ed. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia. Pp. 37-57.
- Berné, J. L., Garrido, N. y Capilla, R. 2019. GNSS: GPS, Galileo, Glonass, Beidou Fundamentos y Métodos de posicionamiento. Ed. Universitat Politecnica de Valencia, Valencia, España.
- BOLFOR; ETSFOR. 1999."Cartografía y Uso de la Tecnología GPS". Santa Cruz, Bolivia.
- Brandetti, A. y Kemerer, S. 2011. Posicionamiento GPS en tiempo real utilizando NTRIP características generales y análisis de precisiones. Facultad de ciencias exactas y agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Argentina.
- Collado, J.C. y Navarro, J. M. 2013. Arcgis 10: prácticas pasó a paso. Ed. Universidad Politécnica De Valencia. Valencia.
- Cordero, W. 2000. Una nueva era en el uso del GPS. Notas Técnicas No 4. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Díaz, J. R. 2014. Sistemas de información geográficas. Manual de prácticas. Tonalá, Chiapas. México. 84 p.
- Díaz, J. R. 2022. Sistemas de información geográfica. Manual de prácticas. Tonalá, Chiapas. México. 89 p.
- Fallas, J. 2002. Sistema de Posicionamiento Global. Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre y Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.

- Fallas, J. 2003. Proyecciones cartográficas y Datum ¿Qué son y para qué sirven? Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. PRMVSEDECA. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Garmin, Copyright. 2005. Manual de usuario GPSmap60csx. Traducida al español revisión B, Garmin Internacional, Inc. Olathe, Kansas. U.S.A.
- Garmin, Ltd. 2013. Manual de usuario del Gpsmap64 series/Gpsmap64xseries. USA.
- Garrido, M., Giménez, E., De Lacy, M., Armenteros, J. y Gil, A. 2014. Evaluación del posicionamiento preciso GNSS-NRTK en los límites fronterizos de redes activas regionales en el SW y SE de la Península Ibérica. *Física de la tierra*. (26): 119-134.
- Gómez, E., Fernando, D., Aponte, G. y Betancourt, L. A. Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través su estructuración y sistematización. *Revista de Ingeniería DYNA*. 184 (81): 158-163.
- Guevara-Parra, E. E. y Muñoz-Tascón, B. N. 2022. Guía para levantamientos topográficos con gps aplicando la norma vigente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Tesis de Ingeniería Topográfica. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá D.C.
- Herrera, A. M. y De Lacy, M. C. 2014. Implementación de los efectos atmosféricos y de multipath en el desarrollo de un simulador de datos GNSS. *Física de la Tierra*. (26): 135-161.
- Herrera-Olmo, A. M. 2016. Desarrollo e implementación de un simulador de datos GNSS. Tesis Doctoral. Escuela Politécnica de Jaén, Departamento de ingeniería cartográfica, geodésica y fotogrametría. Universidad de Jaén. Jaén.
- Huerta, H., Mangiaterra, A y Noguera, G. 2005. GPS Posicionamiento satelital. UNR Editora, Universidad Nacional de rosario, Argentina. 148 p.

- Jiménez-Vega, N. 2006. Software para procesamiento de datos. Tesis de ingeniería. Universitat Politècnica De Catalunya.
- Koolhaas, M. 2006. El GPS y sus aplicaciones agronómicas. 2ª Ed. Universidad de la Republica, Impresora Grafica, ciudad de Montevideo, Uruguay.
- Leal-Ronco, R. 2013. Receptor GPS basado en software. Tesis de Ingeniería. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica. Unidad Profesional Adolfo López Mateos. Instituto Politécnico Nacional. México D.F.
- Leica, G. 1999. Introducción al sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Ed. Copyright Leica. Heerbrugg, Suiza.
- Lozano, E., Forero, S. y Riaño, N. 2011. Especificación técnica para Georreferenciación. Ed. Ecopetrol.
- Lugo-Mayorga, A. 2020. Generalidades sobre la ubicación geoespacial: proyecciones cartográficas, coordenadas y conversiones. Estancia virtual de investigación UV de Cartografía de afecciones ambientales. Huayacocotla, Veracruz. México. Pp. 1-18.
- Martínez, L., Mena, J. y Closa, J. 1995. Aplicaciones civiles del GPS. *Branca D'estudiants Del'iee De Barcelona*. 6: 14-20.
- Nery Vera Rodolfo, 2003. Comunicaciones por Satélite. Editorial Thomson. México.
- Núñez V. 2012. Los sistemas de información Geográfica. Instituto de Recursos Naturales y Ecodesarrollo. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Argentina
- Panchas, R. 2009. El levantamiento topográfico: Uso del gps y estación total. *Academia*. 16 (8): 29-45.
- Peñafiel, J. y Zayas, J. 2001. Fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la topografía. Curso intensivo sobre tecnologías g.p.s. métodos y aplicaciones. Castilla la Mancha. Madrid.

- Pérez, J. 2013. Sistemas de posicionamiento global. *Boletín del centro naval*. 835: 81-88.
- Pérez-Montoya, C. D. 2009. Implementación de los algoritmos de seguimiento de la señal GPS sobre dispositivos lógicos programables (FPGA). Tesis de Maestría. Escuela Superior De Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Instituto Politécnico Nacional.
- Puerta-Tuesta, R., Rengifo-Trigozo, J. y Bravo-Morales, N. 2011. Arcgis básico. Facultad de recursos naturales renovables. Universidad Nacional Agraria De La Selva. Pp 35-49. Tingo María, Perú.
- Reuter, A. F. 2001. Cátedra de Teledetección Forestal. Sistemas de Posicionamiento Global: Sistema GPS. Serie didáctica N°3. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago Del Estero.
- Rey, J. 2006. El sistema de posicionamiento global-GPS1. *Departamento de Entomología y Nematología Servicio de extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida*. Pp. 7.
- Rodas-Gonzales, K.V, Sigcho-Sarmiento, L. D. 2016. Diseño de un sistema de telegestión y proceso en línea, para mejorar logística de la empresa "Altura S.A.". Tesis de Ingeniería. Escuela de Ingeniería electrónica. Facultad de ciencia y tecnología. Universidad del Azuray. Ecuador.
- Sabella, R. 1996. Guía General para la utilización del Sistema de posicionamiento Global por satélite (GPS) y su aplicación en trabajos de mapeo. Santa Cruz, Bolivia.
- Sabino-De La Cruz, P. H. 2022. Uso y aplicación de equipos receptores GPS. Practica 7. Facultad De Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Agraria de la selva. Escuela Profesional De Ingeniería Agronómica.
- Sánchez, A., Borque, M.J., Rojas, I. M., García, F. J., Alfaro, P., Estévez, A., Molina, S., Rodríguez, G., De Lacy, C., García, J. A., Avilés, M., Herrera, A., Rosa, S.

y Gil, A. 2014. Tasa de deformación GPS en la cuenca del Bajo Segura (Cordillera Bética Oriental). *Sociedad Geológica de España, Geogaceta*. 56: 3-6.

Solano, R.R. y Mancebo, S. 1999. Las técnicas GPS como herramienta en la gestión ambiental. *Observatorio Medioambiental*. 2: 267-286.

Tipula, P. y Osorio, M. 2006. Manual de uso GPS, Introducción al sistema de posicionamiento Global, Sistema de Información Sobre Comunidades Nativas de la Amazonia Peruana- SICNA. Instituto del Bien Común. Pp. 29. Lima, Perú.

Valdivia, C. 2021. Galileo, un sistema GNSS para todo. *Revista Digital de Acta*. P (1-21).

### **Fuentes de Internet**

<https://www.aristasur.com/contenido/manual-de-uso-del-gps>.

<https://www.google.com/search?q=manual+de+uso+de+gps&oq=manu&aqs=chrome.69i59j69i57j0i131i433i512l2j46i131i433i512l2j0i433i512j0i131i433j0i433i512j0i512.7414j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.

<https://dl-manual.com/doc/bryja-remache-manual-de-gps-2o255w5me6o0>.

<https://www.gps.gov/systems/gps/>.