

GPS y teledetección: una aplicación en la cuantificación de parámetros de calidad del agua en la Bahía de Algeciras (Cádiz)

Ignacio de Zavala Morencos

Dto. de Ing. Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. E.U.I.T. Agrícola
Universidad Politécnica de Madrid

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el método de observaciones GPS empleado para la cuantificación de parámetros de calidad del agua a partir de imágenes de satélite con el fin de sincronizar en lo posible la toma de la imagen con la localización de los puntos de recogida de muestras. De esta manera se conseguiría por una parte relacionar con precisión los parámetros con la respuesta espectral del agua en el momento de realizarse dicha recogida de muestras, y por otra determinar la posición de estos lugares, mediante observaciones GPS y correcciones diferenciales, con una precisión de unos 2 m CEP.

ABSTRACT

The purpose of this study is to show the linked use of GPS and Remote Sensing for quality water parameters determination. In this way, we can try to synchronize both moments, the image capture and the point positioning where water samples are taken in order to establish an accuracy relationship between parameters, such as water temperature, mud, suspension solids or chlorophyll, and water spectral response. With this differential GPS observations, point coordinates are obtained in a few seconds with 2 m CEP accuracy and we can also obtain a file for overlapping points into the satellite image.

Introducción y objetivos

La localización de puntos en el mar con la precisión necesaria para ser superpuestos sobre una imagen de satélite puede realizarse con métodos tradicionales mediante observaciones desde puntos fijos en tierra, si la costa está cercana al lugar de trabajo, empleando teodolitos o distanciómetros. Pero cuando se requiere rapidez en la obtención de coordenadas este tipo de observaciones puede resultar excesivamente lento y caro por el número de instrumentos y personal necesario. En este caso el objetivo fundamental era simultanear lo máximo posible la toma de muestras y su localización con el paso del satélite por la zona de trabajo con el fin de relacionar con precisión la respuesta espectral del agua con los parámetros elegidos para la cuantifi-

cación de la calidad del agua. Por ello se recurrió a las observaciones GPS en modo diferencial que permiten la obtención de coordenadas con precisión suficiente (unos 2 m CEP) y al mismo tiempo simultanearla con la propia recogida de las muestras de agua desde las embarcaciones. Para ello es necesario dotar a dichas embarcaciones con receptores GPS que tomen posiciones mientras se realizan los trabajos de recogida de muestras. Para este trabajo en el que se eligieron 32 puntos dentro de la bahía se estimó suficiente emplear dos embarcaciones con sendos receptores más un tercero que realizaría las funciones de receptor referencia sobre un punto de coordenadas conocidas y que serviría de calcular las correcciones diferenciales (Figura 1).

GPS Diferencias

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) proporciona coordenadas de puntos situados sobre la superficie de la Tierra mediante el cálculo de la distancia a los satélites de la constelación NAVSTAR-GPS. Esta medición se realiza empleando las señales que los propios satélites emiten y que son recibidas y procesadas en los receptores situados en los puntos a levantar. De esta manera se obtienen las denominadas pseudodistancias satélite-receptor ya que no se mide la verdadera distancia que separa a ambos al perturbarse la señal en su recorrido a través de la ionosfera y troposfera y al no tener una perfecta sincronización entre los osciladores del satélite y el del re-

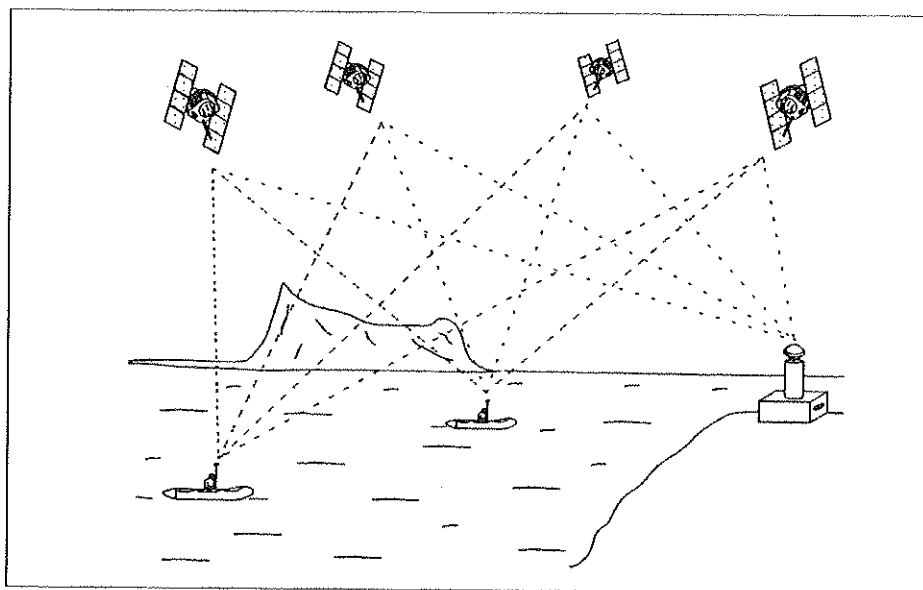


Figura 1
Concepto de GPS Diferencial

ceptor (Wells et al., 1987). Por otro lado hay que tener en cuenta los efectos producidos por la Disponibilidad Selectiva (SA) mediante la cual el Departamento de Defensa de los EEUU, propietario de este sistema de posicionamiento, produce una alteración en la frecuencia de los relojes de los satélites o en el mensaje de navegación provocando un empeoramiento de la precisión en las mediciones operando con un único receptor. De esta manera la precisión en la obtención de coordenadas se sitúa en el orden de unos 100 m CEP, insuficiente para el tipo de trabajo a realizar teniendo en cuenta la resolución de las imágenes Landsat empleadas (1 píxel = 30 x 30 m).

Cuando las pseudodistancias son diferenciadas entre dos o más receptores estas alteraciones son eliminadas casi en su totalidad (Hofman-Wellenhof et al., 1992) así como las debidas a la troposfera, ionosfera, inestabilidad de los relojes y errores de órbita y efemérides (Ackroyd y Lorymer, 1990), con lo que la precisión mejorará hasta los 2-5 m CEP, suficiente para los fines propuestos.

El procedimiento consiste en medir (empleando el código C/A) desde un punto de coordenadas conocidas con precisión (un vértice geodésico por ejemplo) las pseudodistancias a todos los satélites sobre el horizonte. De esta manera, al conocer las coordenadas de los satélites (radiodifundidas en el mensaje de navegación) y las del punto elegido como referencia se pueden establecer las diferencias entre pseudodistancia observada y la distancia calculada a partir de estas coordenadas conocidas. A dichas diferencias las denominaremos correcciones diferenciales. Simultáneamente serán medidas las pseudodistancias desde los puntos a levantar a cada uno de los satélites empleando también el código C/A; a estas pseudodistancias se les aplicará entonces las correcciones diferenciales para cada instante y para cada satélite, considerándose que el error cometido desde el punto referencia es el mismo que el cometido desde los puntos del levantamiento. Para ello se precisa por tanto un receptor fijo en el punto de referencia que esté obteniendo pseudodistancias durante todo el tiempo que dure el trabajo de campo y sobre todos los satélites observables en este período. El proceso de corrección no es necesario que se realice en tiempo real en nuestro caso por lo que todas las observaciones desde los distintos receptores se almacenarán en los sistemas de memoria de los que están dotados para posteriormente realizar la descarga de las mismas en un ordenador para su procesamiento.

Planificación y ejecución de los trabajos de campo

La Bahía se dividió en dos zonas donde actuarían las dos embarcaciones disponibles desde las que se realizaría la recogida y primeros análisis del agua como la temperatura y turbidez. Para estas tareas se estimó un tiempo de unos dos minutos por punto, suficiente para que el receptor GPS, cuya antena se montó sobre un jalón de 1.5 m, realizara las mediciones necesarias para asegurar una buena precisión. La zo-

na "A" comprendería los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 27 mientras que la "B" estaría formada por los puntos 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31 y 33 (Figura 2). Las dos embarcaciones trabajaron simultáneamente así como los tres receptores empleados en la observación. Como punto de referencia de coordenadas conocidas se eligió el vértice geodésico de tercer orden denominado San García, en la misma Bahía, sobre el que se situó el receptor base.

Dicho vértice tiene las siguientes coordenadas ED-50:

Lat 36° 06' 29.4834" N

Lon 5° 25' 56.9509" W

Altura 30.7 m

Se estimó el tiempo total necesario para los trabajos en unas dos horas, por lo que el receptor referencia fue programado para realizar las mediciones de manera que obtuviese correcciones diferenciales en todo ese período. Este receptor realizaría mediciones de pseudodistancia cada 5 segundos con una máscara de elevación de 10°, la misma que para los receptores móviles que realizarían las mediciones cada segundo y con una máscara de PDOP de 8 para asegurar una buena geometría de los satélites



Figura 2
Puntos de toma de muestras

empleados. Los receptores almacenaron todas las observaciones para luego ser tratadas con el logical de cálculo que permite la obtención y aplicación de las correcciones diferenciales.

La hora de inicio de los trabajos estaba supeditada al paso del satélite Landsat-5 sobre la zona de estudio prevista para las 10h 30m, por lo que se distribuyeron estos de manera que la toma de la imagen coincidiese aproximadamente el el momento central, es decir, una hora después de realizar la primera observación.

Tratamiento de las observaciones

Corrección diferencial: posición y tiempo medio

Todos los archivos recogidos en los receptores fueron volcados en el ordenador y mediante el logical de cálculo se determinaron las correcciones diferenciales para todos los satélites empleados por el receptor referencia y posteriormente aplicadas a las pseudodistancias medidas desde los dos receptores móviles. Hubo cinco puntos que no pudieron ser corregidos pues quedaron fuera del tiempo de observación del receptor fijo, estos fueron el 10, 15, 23, 28 y 31. Pero al comparar la posición del resto de los puntos antes y después de la corrección se pudo comprobar que la Disponibilidad Selectiva estuvo inoperante durante el tiempo que duró la observación y que la preci-

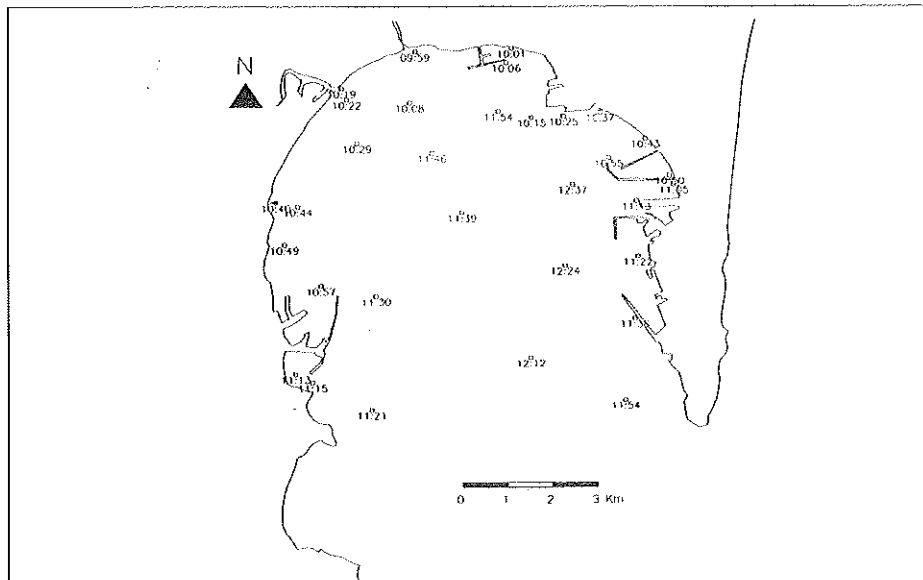


Figura 3
Instante (media) de la observación de cada punto

sión obtenida en su posición se situó en unos 25 m CEP, suficiente por tanto para los objetivos perseguidos. De todas las posiciones calculadas para cada punto (una cada segundo durante 2 minutos por punto) se obtuvo la posición media (Figura 2) y el tiempo medio en el que se realizó su observación (Figura 3).

Cambio de Sistema de Referencia y corrección geométrica de la imagen

La corrección geométrica de la imagen se realizó con polinomios de grado 1 tomándose un total de 20 puntos de control cuyas coordenadas UTM fueron extraídas del plano topográfico 1:50000, por lo que la imagen quedó georreferenciada en el Sistema de Referencia ED-50. Para superponer los puntos de muestreo sobre la imagen estos deberán estar referenciados en el mismo sistema, así se procedió a una transformación de coordenadas ya que el Sistema de Posicionamiento Global emplea el World Geodetic System 1984 (WGS-84) con constantes del elipsoide diferentes a ED-50. Para esta transformación y dada la precisión requerida se emplearon los parámetros propuestos por la Defense Mapping Agency (DMA) de los EEUU, con los que se puede esperar un error no superior a los 3 m. No obstante se compararon las coordenadas en ambos sistemas de un vértice próximo y perteneciente a la Red Geodésica para Observaciones Geodinámicas del Estrecho de Gibraltar proporcionadas para este trabajo por el Instituto Geográfico Nacional. De esta comparación se obtuvieron unos parámetros aplicables a la zona de estudio, dada su proximidad, con muy parecidos resultados. De esta manera una vez obtenidas las coordenadas y corregidas diferencialmente se transformaron a ED-50, determinándose después su proyección UTM. Con estas coordenadas se pudieron superponer los puntos de toma de muestras sobre la imagen corregida geoméricamente.

Receptores empleados

Como receptor referencia situado sobre el vértice geodésico se empleó un Trimble 4000ST de 8 canales en LI con 0.5 Mb de memoria. Los receptores móviles fueron dos Trimble Pathfinder Profesional de 6 canales y código C/A con registrador Polycorder.

Bibliografía

- Ackroyd, N. and Lorimer, R.: 1990. Global Navigation. A GPS user's guide. Lloyd's of London Press. LTD. London. 202 p.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. and Collins, J.: 1992. GPS Theory and Practice. Springer-Verlag. Wien. 326 p.
- Wells, D. et al.: 1987. Guide to GPS positioning. Canadian GPS Associates, Fredericton, N.B., Canada. 542 p.