

# LAS NECESIDADES DEL TRABAJADOR EN SALUD Y EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS). GPS CONVENCIONAL (GPSC) Y GPS DIFERENCIAL (GPSD).

Chang OJ<sup>1</sup>, Hightower A<sup>2</sup>, Maggil A<sup>3</sup>, Roper M<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los autores explican, desde la perspectiva de las necesidades del trabajador en salud, el uso del GPS, enfatizando la necesidad de utilizar el GPS diferencial cuando se requiere localizar elementos (p. ej. casas, sitios de proliferación de insectos, etc.) en el espacio con un alto grado de exactitud, utilizando como ejemplo información correspondiente a un caso real

## ABSTRACT

The authors explain, from the perspective of the needs of health workers, the use of GPS, emphasizing the need for differential GPS when highly accurate location of elements (e.g. houses, insect breeding sites, etc.) is required, using as an example real data.

## INTRODUCCION

El objetivo de este documento es ilustrar las diferencias entre dos formas de utilizar el GPS como una herramienta para la epidemiología y la salud pública.

La información sobre la distribución espacial de las personas, de la ocurrencia de enfermedad, y de los factores que influyen la ocurrencia de la enfermedad, ha sido siempre del mayor interés para quienes trabajan en epidemiología y en salud pública, tanto en actividades de investigación como de servicio.

En la actualidad, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son ampliamente reconocidos como una poderosa aproximación o herramienta para el análisis de datos que incluyen información espacial relacionada a elementos como hitos geográficos, casas, la distribución de vectores, la ocurrencia de enfermedad, etc., pero su mejor uso implica la localización exacta (que corresponde a la realidad apropiadamente)

de los elementos de interés.

En esta materia, el GPS desarrollado por el Departamento de Defensa de los E.E.U.U. entró en escena como una promesa importante, tanto para epidemiólogos como para salubristas. Sin necesidad de mayores capacidades en geografía, topografía o cartografía, o de instrumentos especializados, sería posible obtener la localización de cualquier punto sobre el planeta, medir distancias entre diferentes puntos, calcular áreas, etc. Eventualmente podría ayudar al trabajador en salud a regresar a casa desde la zona de estudio en el campo.

La pregunta natural es: *¿Cuán precisa es la información que se obtiene utilizando el GPS?*

## El Sistema de Posicionamiento Global

Veinticuatro satélites (21 para propósitos de navegación, 3 como elementos de respaldo activo), que orbitan la tierra a una altura aproximada de 20 200 km., conforman la red satelital de posicionamiento global (1). Los satélites del GPS emiten continuamente la hora y su paso orbital para proporcionar a una unidad terrestre de GPS la información que utiliza para computar la longitud, la latitud y la altitud. La información recibida de cuatro satélites permite a la unidad GPS calcular los tres datos, mientras la información recibida de tres satélites permite a la unidad GPS calcular solamente la latitud y la longitud. Así, cuando calculamos una

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud; Instituto de Medicina Tropical Alexander von Humboldt. Universidad Peruana Cayetano Heredia; Lima. Perú

<sup>2</sup> Centro de Control y Prevención de Enfermedades, Atlanta., EEUU

<sup>3</sup> NAMRID-Lima. Perú

posición usamos al menos 3 señales en conjunto. La forma exacta como se efectúa el cálculo es descrita ampliamente en otros documentos (1, 2) y es ajena al objetivo de este documento. El sistema emite dos tipos de señales. Una de ellas está reservada para uso de las fuerzas armadas de los E.E.U.U.. Aquí nos ocuparemos de la que está disponible para su uso por civiles en forma universal.

### **Los errores en el GPS:**

Para cualquier usuario, los cálculos que efectúa un GPS están sujetos a error de magnitud pequeña originado por varios factores fuera de control, entre ellos las condiciones atmosféricas (1-3). Además, los cálculos efectuados por los usuarios civiles tienen un error introducido intencionalmente en la señal de cada satélite para efectos de seguridad, de magnitud mucho mayor que el antes aludido, mediante lo que se llama "Disponibilidad Selectiva" (DS). Debido a que la DS varía en el tiempo y de un satélite a otro, cuando cambia el grupo de satélites cuya señal está usando la unidad de GPS para computar una posición, el cambio en el error debido a la DS causa un cambio súbito en la posición computada.

Mientras la unidad de GPS capte la señal del mismo grupo de satélites los errores en las posiciones estarán altamente correlacionados respecto al tiempo. Sin embargo, los satélites se mueven constantemente y el conjunto de señales que recibe una unidad cambia con relativa rapidez. Esto impide que el efectuar un promedio de un número de lecturas efectuadas en un tiempo corto sea una estrategia efectiva para controlar el error introducido mediante la DS.

Una lectura dada, obtenida con una unidad estándar de GPS tiene las exactitudes siguientes: 100 m en el plano horizontal y 156 m en el plano vertical (1,2). Aproximadamente 55% del error horizontal es debido a la DS (3).

### **GPS diferencial:**

A pesar de los errores señalados, el GPSc será suficientemente exacto para un epidemiólogo o trabajador de salud si sólo requiere conocer la localización de un pueblo, localizar una comunidad, un lago o un río, o cualquier otro elemento grande e individualizado; o para medir la distancia entre servicios de salud en una red de referencia de pacientes.

Pero, si se necesita medir distancias dentro de un espacio pequeño (p. ej. dentro de un pueblo), conocer la localización o localizar elementos pequeños (p. ej. una piscigranja o una vivienda), medir distancias pequeñas (p. ej. entre una casa dada y la orilla del río), o determinar el contorno y el área de un hito geográfico pequeño (p. ej. una cocha o un campo de arroz), la exactitud del GPSc es insuficiente. Los errores explicados resultarán en una distorsión importante de las relaciones espaciales entre los puntos de interés. Por esto, un mapa preparado con lecturas de GPSc sería muy confuso para ser usado para efectos operacionales (p. ej. para una encuesta domiciliaria)

El GPSd permite controlar el error de la DS y producir localizaciones altamente precisas. Existen diferentes aproximaciones al GPSd pero todas involucran el empleo de dos unidades que reciben la señal del mismo grupo de satélites simultáneamente. Una unidad GPS (la "base") se encuentra fija en un punto de control, cuya localización es de preferencia bien conocida, mientras la segunda se usa en el campo. Como resultado, las lecturas de ambas unidades están sujetas al mismo error total. Si las unidades están cerca la una de la otra (menos de 50 km.), las señales que reciben están sujetas a las mismas condiciones atmosféricas (3). Las lecturas efectuadas por cada unidad son almacenadas electrónicamente, junto con información sobre la hora exacta a la que se hizo la lectura y el conjunto de satélites usado para computar cada posición. El par de archivos así creado es introducido en una computadora y, utilizando programas especiales, se sincroniza los pares de lecturas que fueron tomadas exactamente en el mismo momento. Las técnicas que se usan para efectuar la corrección involucran el cómputo de la localización de la unidad GPS de campo añadiendo la distancia entre esta unidad a la posición conocida de la unidad GPS usada como base.

Así, en la aplicación que usaremos a continuación como ejemplo, se creó dos archivos electrónicos, uno con la unidad GPS de campo y otro con la unidad GPS base, se copió estos al disco duro de una computadora portátil, y se utilizó un programa para computar las localizaciones corregidas.

También es posible suscribirse a servicios

comerciales que proporcionan una señal de satélite que proporciona correcciones en "tiempo real" para las señales de los satélites del GPS. Usar este servicio evita la necesidad de usar una unidad GPS base colocada en una posición conocida.

Como parte de un estudio sobre malaria, llevado a cabo en Iquitos (Loreto, Perú) se requería determinar la localización de casas, de los cuerpos de agua, y la distancia entre estos elementos, para analizar la distribución espacial de casas cuyos habitantes sufren malaria, y explorar la relación entre esta distribución y la de los lugares probables de proliferación de vectores.

A continuación se presenta un ejemplo muy claro de la diferencia entre el resultado de utilizar el GPSd.



Gráfico N° 1

El Gráfico N° 1 muestra un croquis elaborado usando las localizaciones, determinadas mediante el promedio de 120 lecturas obtenidas con GPSc, de las casas, las calles, la cocha, etc. Las casas están representadas por polígonos; la cocha, una poza de agua y la plaza del pueblo están representadas por líneas; y las calles y trochas por líneas. Nótese que los bordes de la cocha se superponen, que las calles son sumamente erráticas, cuando, en realidad, son más bien rectas. Menos obvio, pero no menos importante, es que las casas que se encuentran en realidad adyacentes parecen estar en diferentes calles, debido a la variación en el error de su localización.

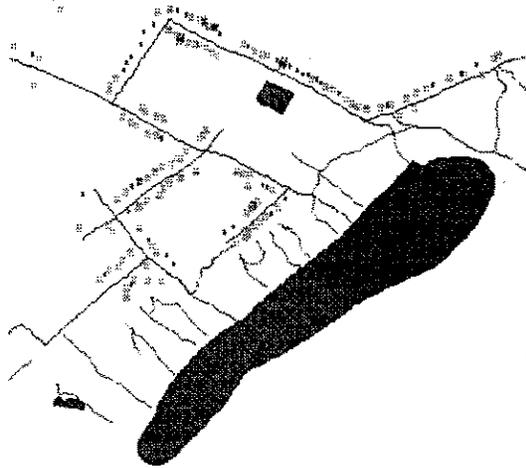
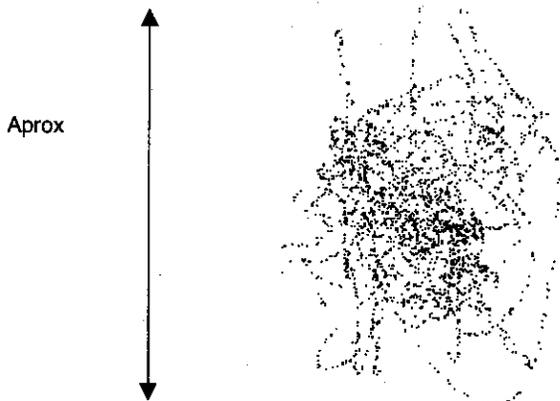


Gráfico N° 2

El Gráfico N° 2 muestra el resultado de usar GPSd. Las diferencias entre este gráfico y el anterior, respecto al alineamiento de las casas a lo largo de las calles, que se ven rectas, las formas de la cocha y de la poza de agua, y la forma de la plaza del pueblo (el cuadrado en el tercio superior del croquis) hace innecesarias mayores explicaciones. Este segundo croquis es, claramente, mucho

**Gráfico N° 3**



El Gráfico N° 3 muestra la distribución en el espacio de un gran número de localizaciones obtenida con una unidad GPS (en este caso nuestra unidad base), a lo largo de períodos de varias horas en cuatro días sucesivos, mientras fue mantenida exactamente en el mismo lugar.

Es muy importante notar que las localizaciones siguen un patrón lineal, como una marcha errática, y no pasan de un sector a otro de la nube aleatoriamente. Estadísticamente, se diría que las lecturas que proporcionan las localizaciones tienen una alta correlación serial en el tiempo. Esto quiere decir que cualquier grupo de 50 o 100 lecturas sucesivas estarán agrupadas a lo largo de la línea y tendrá una desviación estándar pequeña (esto es, están poco dispersas en el espacio), pero la correspondencia con la localización real en el espacio puede ser muy pobre. Escogiendo pequeños segmentos de la línea de puntos puede graficarse este fenómeno. Se ve claramente que promediando las lecturas obtenidas en un período corto de tiempo lleva, esencialmente, a cometer el mismo error una y otra vez, sin mejorar la exactitud significativamente.

Una mejor estrategia sería tomar una lectura cada hora a lo largo de un día. Los puntos obtenidos se distribuirían aleatoriamente en el

espacio representado en el Gráfico N° 3 y si mejoraría la exactitud mediante el proceso de promediarlas. Es interesante anotar que la precisión obtenida sería menor que la que obtendríamos usando un grupo de 24 lecturas tomadas secuencialmente. Sin embargo, la exactitud es más importante que la precisión. Muchas de las unidades GPS que existen en el mercado actualmente pueden encenderse, tomar lecturas y apagarse automáticamente en intervalos prefijados.

Si uno requiere elaborar un mapa representando elementos que se encuentran a menos de 500 m entre sí, sin errores importantes (de hasta el 20%), usar GPS es la única solución. Puede implicar el uso de equipo caro y de programas de cómputo, o la subscripción a un servicio de corrección basada en satélites, lo que introduce dificultades adicionales, pero debe quedar claro que no hay alternativa si se necesita un alto grado de exactitud en la información espacial que el trabajador en salud desea analizar.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. French GT. (1996). Understanding the GPS, An Introduction to the Global Positioning System. Bethesda, MD: GeoResearch, Inc.
2. Herring TA, (1996). The Global Positioning System. Scientific American, February 1996, 44-50.
3. User Guide for the Magellan GPS ProMARK X-CP, (1995). Magellan Systems Corporation. San Dimas, California.