

NAVEGACION POR SATELITES

Por
Edward B. Hecht
Magnavox Company



DESPUES DE siglos desde que existen navegantes en el mundo se puede contar con una constelación de satélites artificiales para su uso exclusivo, que, entre otras de sus virtudes, pueden evidenciar la exactitud, la posibilidad de usarlos en cualquier lugar del globo y la independencia con relación al tiempo atmosférico local, por cuanto les permite usarlos bajo condiciones de tiempo totalmente cerrado de nubes.

Este moderno sistema de navegación fue creado por la Armada de los EE. UU. y se desig-

na como U. S. Navy Navigation Satellite System (NNSS). Está en operaciones desde enero de 1964 como guía de precisión para la flota de submarinos Polaris, encontrándose a disposición de las Marinas Mercantes de todo el mundo desde 1967.

EL SISTEMA DE SATELITES. El complejo del NNSS está compuesto por seis satélites que orbitan la tierra cada 107 minutos, con órbitas polares fijas y con una altitud de 600 millas náuticas. Sus trayectorias se interceptan en los polos y están esparcidas entre sí de tal modo que forman una especie de jaula alrededor del globo. (Fig. 1).

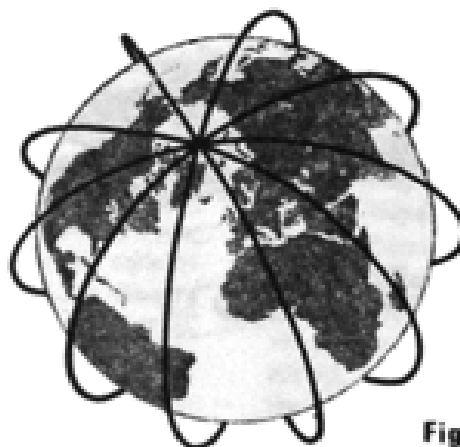


Fig.1

Esta jaula orbital está estacionaria respecto a la rotación de la Tierra, de tal modo que sobre cualquier punto de su superficie pasarán

periódicamente las distintas órbitas con un lapso de 30 a 120 minutos, dependiendo de la latitud del lugar. (Fig. 2).

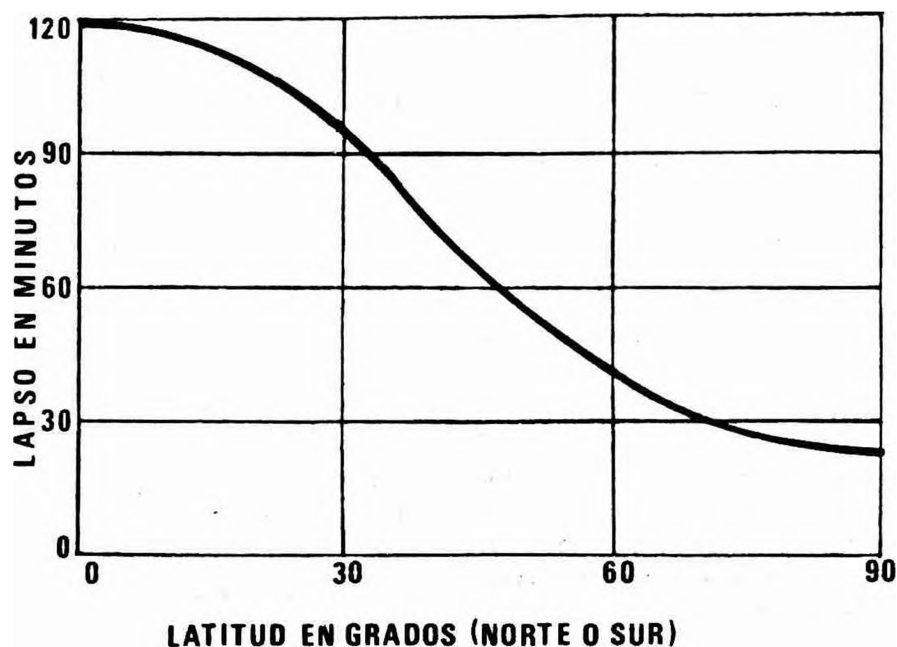


Fig. 2. Lapso entre pasos de dos satélites por un lugar según sea la latitud de éste.

Cada satélite está transmitiendo en forma continua la hora y su posición geográfica, permitiendo así al navegante que posea un equipo receptor idóneo, interceptar estos datos y de este modo localizar su posición con gran precisión.

Además de las ventajas de ser un sistema que se puede usar tanto de día como de noche y con cualquier condición de tiempo, tiene la ventaja de poder contar con su disponibilidad en todos los puntos de la Tierra, pues se trata de un sistema de referencia celestial que posee la exactitud de un radiolocalizador de corta distancia. Otros sistemas, a diferencia del NNSS, como el LORAN, DECCA y OMEGA, cuentan con referencias fijas en tierra y en su operación hay que efectuar mediciones de diferentes fases entre señales transmitidas simultáneamente por tres estaciones. Por contraste, el satélite constituye un único punto móvil cuya trayectoria, velocidad y posición son conocidos de minuto en minuto y se derivan de la misma transmisión.

Para obtener una posición segura y exacta con este sistema se requiere un método de

cálculos sustancialmente diferente de los que se usan en aquellos basados en referencias fijas, consistente en tres operaciones básicas, que son las siguientes:

1. — La obtención de la relación tiempo/posición a lo largo de la trayectoria del satélite;
2. — Determinación de las diferentes distancias entre estos puntos y el lugar preciso en que se encuentra situado el buque.
3. — La consideración del movimiento del buque durante el tiempo transcurrido en obtener la situación.

Durante el paso útil, o sea, mientras el satélite tiene una elevación de 10 a 70 grados, permanece operativo respecto al receptor de a bordo por un espacio de 10 a 15 minutos. En este lapso se desplazará en una distancia de 2.000 a 3.000 millas, transmitiendo su posición a horas precisas y en una frecuencia extremadamente estable. El dato de la posición del satélite se indica exactamente en cada minuto redondo (GMT) y su transmisión comienza al mismo instante, proporcionando la hora de referencia para la posición indicada. De esta manera se es-

tablecen cinco a siete relaciones hora/posición a lo largo eje la órbita, con dos minutos de intervalo.

Las distancias satélite/buque se obtienen en base al efecto Doppler, o sea, por el cambio de frecuencia que se percibe debido al desplazamiento del elemento transmisor, según que el satélite se aproxime, pase o se aleje. (Doppler explicó el cambio del sonido que experimenta una persona que se encuentra parada en una estación mientras una locomotora que viene piteando se acerca, pasa y se aleja, lo que se debe al cambio de frecuencia que produce el movimiento).

Como transcurre un cierto tiempo mientras se obtienen estos datos, se hace necesario considerar el tercer factor, o sea, el movimiento del buque en igual periodo.

Finalmente, los datos de estos tres factores se combinan para obtener el cálculo de la posición del buque. Lo complejo de estas operaciones hace necesario emplear una computadora fabricada especialmente para uso de la navegación por satélites.

EXACTITUD. Los satélites de navegación orbitan sobre la ionosfera. Las señales de radio transmitidas a través de esta capa de atmósfera ionizada emergen ligeramente desviadas de su dirección verdadera, con la consecuencia que la posición del satélite transmisor está ligeramente desplazada del punto real en que se encuentra. Por esta razón el satélite transmite dos señales

simultáneamente, una en 150 MHz y otra en 400 MHz, las que se reciben en un equipo que cuenta con sistema de doble recepción, permitiendo así una combinación en el cálculo, lo que elimina el error causado por la refracción ionosférica.

Donde se requiere un máximo de exactitud, tal como en aplicaciones militares, oceanográficas, captación de pozos petrolíferos en el mar, así como tendido de cables, se justifica el costo y la complejidad del equipo de doble canal. Pero como el error es relativamente pequeño para la navegación comercial, basta el equipo de un solo canal de 400 MHz, el que provee un aceptable nivel de exactitud, que en todo caso sobrepasa mucho a los otros sistemas, electrónicos y astronómicos.

Los errores en la posición por satélites se originan por dos causas: a) Por errores inherentes al sistema y b) Por no considerar exactamente el movimiento del buque.

Si se usa un equipo de un solo canal y de alta calidad, en una estación fija, las distintas posiciones obtenidas mediante satélite de navegación se distribuyen en una superficie (root mean square—RMS) con un radio promedio de 100 metros. El error producido cuando se usa un equipo con doble canal es de aproximadamente 30 metros.

El error en la posición obtenida es originado por el desconocimiento de la exactitud de la velocidad del buque. Este es de aproxima-

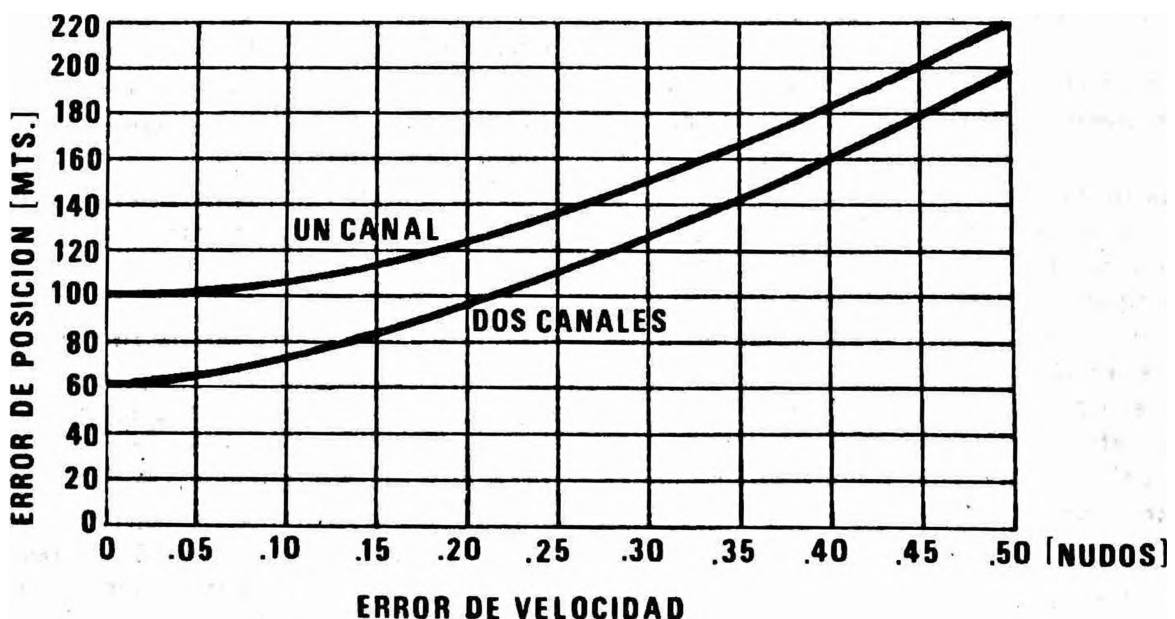


Fig. 3. Área de posiciones con relación al error en la velocidad del buque.

damente 0,2 millas por cada nudo de error en la velocidad. Las curvas de errores en la posición se muestran en la figura 3, considerando equipos con uno y dos canales. En estas curvas se han combinado el desconocimiento de la velocidad exacta y su error consecuente y el error inherente al sistema.

El NNSS ha despejado el camino para corregir ciertos tipos de errores que surgen de diferentes métodos de cartografía y de errores locales de levantamiento.

EQUIPOS DE NAVEGACION POR SATELITES. En general, el diseño de los equipos para fines comerciales, comparados con los militares, tienen como fin que sean de tamaño moderado, bajo costo, simples de operar y de poco mantenimiento, pero sin sacrificar la exactitud esencial.

Los equipos constan de tres componentes: Un receptor, una computadora y un elemento de producción.

Las características significantes del receptor ya se han mencionado. Su función principal es captar automáticamente la señal de cualquier satélite de navegación que esté dentro de la elevación de captación y luego pasar el dato recibido a la computadora.

La computadora procesa el dato recibido de parte del receptor, lo integra con la información de velocidad y rumbo del buque y luego activa y guía a la unidad de producción. Además, provee al banco—memoria que tiene por función almacenar el programa de navegación y de otros datos que posteriormente puedan requerirse para solucionar problemas de rutina o especiales, como por ejemplo, cálculos de navegación de círculo máximo u ortodrómica, cálculo de navegación de estima entre dos situaciones y verificación de la aceptabilidad de una transmisión de parte del satélite en particular.

La computadora recibe instrucciones, información insertada manualmente y pedidos de informes de parte de la unidad de ingreso.

El dispositivo de ingreso y egreso puede ser un teletipo convencional o una unidad se-

mejante a un terminal de video, con un teclado manual y lector de cinta en "cassete", que se ofrece con varios sistemas.

Una pantalla de video exhibe información solicitada manualmente desde la computadora o en forma automática.

Una exhibición típica incluye :

Tiempo transcurrido desde la última situación. Latitud y longitud en grados y minutos con milésimas.

Hora media de Greenwich correspondiente a la situación.

Velocidad y rumbo medios desde la última situación.

Distancia y rumbo hasta un nuevo punto.

Se puede citar un gran número de factores para explicar el aumento de la popularidad de los satélites de navegación entre los propietarios de buques tanques, graneleros, "contenedores", buques oceanográficos y buques dedicados a la búsqueda de pozos petrolíferos. Estos factores se pueden sintetizar en rapidez, exactitud y economía. Porque el sistema no sólo puede proveer instantáneamente una situación de día o de noche y con cualquier tiempo, sino que provee una información que por su forma es de uso inmediato y sin que sean necesarios cálculos y gráficos, lo que libera al navegante de ocupar mucho tiempo en cálculo manual y le permite ocuparse de otras tareas, seguro de saber que los detalles están siendo considerados en forma segura y rápida como nunca antes se había contado. Estas son valiosas ventajas si además se considera que la economía de tiempo y combustible puede ser del 0,5 o/o.

En la actualidad la Armada de EE. UU. está firmemente dispuesta a mantener y mejorar el NNSS, al menos hasta la década del 90. Una reserva de satélites está lista para lanzamiento instantáneo en caso de falla de alguno que esté en operación.

**Traducción del Piloto 2® de MM
Sr. Arturo Torrealba Rembges.**

