

De voces desde el espacio

Voces desde el espacio. Los satélites de comunicaciones. Los satélites y la cartografía.

Voces desde el espacio

Referencia

Arthur C. Clarke. *Voices from the Sky. Previews of the Coming Space Age*. Victor Gollancz Limited. London. 1966.

Arthur Charles Clarke, inglés (1917 - 2008), estudió matemáticas y física en el King's College de Londres. Es famoso en el campo de la astronáutica, y sus escritos desde 1945 referidos a viajes al espacio y satélites de comunicaciones, dada la base científica de la exposición empleada, lo convierten en pionero en su presagio de lo que se llevó adelante mucho después. Hay que tomar en cuenta que la era espacial se inicia recién en 1957 con el lanzamiento del primer Sputnik. Igual puede decirse de las implicancias sociales de los satélites de comunicación anunciados por Clarke, y convertidas en realidad con mucha posterioridad, e incluso algunas recién continúan dándose.

El libro de la referencia está organizado en tres partes (llamadas prefacios) y un apéndice. Este último, es la reproducción del artículo de 1945 sobre comunicación extraterrestre. La segunda parte, se refiere a las implicancias sociales y al mundo de los satélites de comunicación.

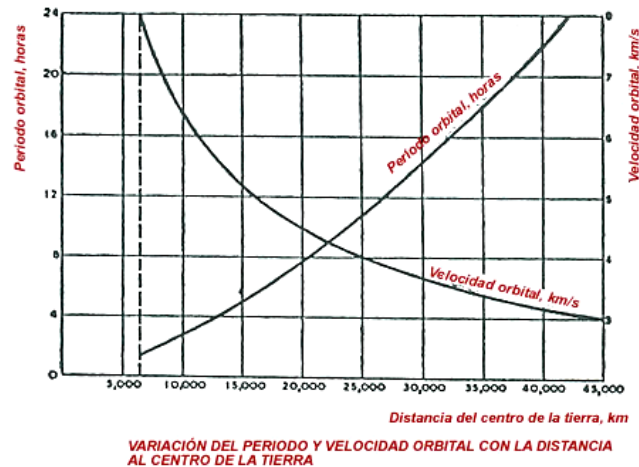
Comunicación extraterrestre

El artículo fue publicado en *Wireless World* (una revista británica pionera en los campos de radio y electrónica) en octubre de 1945, con el título en inglés: *Extraterrestrial Relays. Can Rocket Stations Give Worldwide Radio Coverage?* Se ubica la fecha como muy cercana a la finalización de la segunda guerra mundial, ya con el conocimiento de la energía nuclear (considerada útil en el texto para el lanzamiento, pues la propuesta incluye el empleo de la energía solar en el espacio), aunque lejano de los transistores y microchips.

El artículo -tomando en cuenta la fecha-, comienza refiriéndose a las dificultades de transmisión de telefonía, telegrafía y televisión cubriendo aún pequeños países, excepto que se recurra a una red enmarañada de cableado y enlaces. Mucho más difícil por supuesto, si se pretendiese cubrir todo el globo terráqueo. Para otros servicios que requieren altas frecuencias, la dificultad es aún mayor.

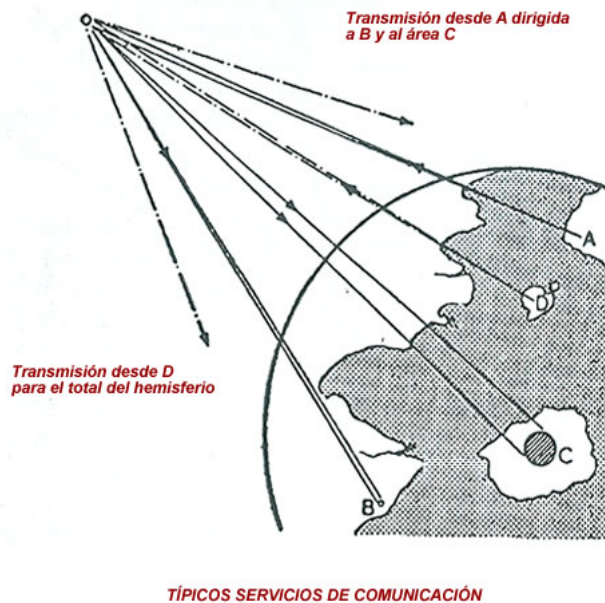
Considera el artículo, que un cohete a propulsión con velocidad suficiente para dejar la atmósfera de la Tierra, a una velocidad orbital de 8 km/s, podría llegar a ser un satélite artificial, como si se tratase de una segunda luna, dando vueltas a nuestro planeta sin necesidad de energía adicional. Podría -también indica el estudio-, ser dirigido a una órbita tal que le permita transmitir información científica a la Tierra. Más adelante, podría tener tal reserva de energía, que podría romper la órbita y regresar a la Tierra.

Hay un número infinito de posibles órbitas, circulares y elípticas, siendo la de 8 km/s la más cercana posible, con un periodo de revolución de 90 minutos. Al incrementarse el radio de la órbita, disminuye la gravedad y la velocidad decrece, y se necesita menos fuerza centrífuga para estar en equilibrio. Esta relación del artículo se muestra en la figura adjunta.



Observa el articulista que es posible identificar una órbita con un radio de 42 mil km con un periodo de 24 horas, con una órbita coincidente con la del Ecuador, el objeto moviéndose con la Tierra y luciendo estacionario respecto a ésta. Más adelante, esta órbita sería conocida como Órbita geoestacionaria, Órbita Clarke o Cinturón de Clarke. En órbitas más pequeñas, el cuerpo da vueltas más rápidamente que la Tierra.

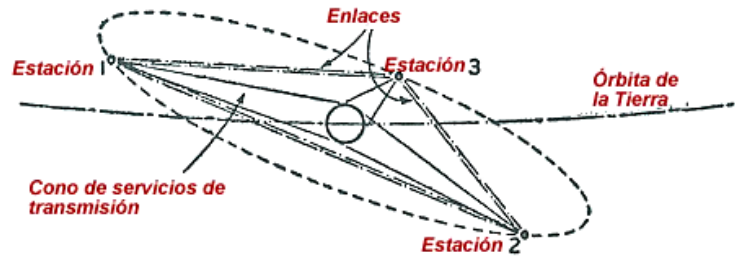
◆ Estaciones de comunicación



Con material subido por los cohetes, sería posible -según se señala en el artículo- construir una *estación espacial* con las facilidades necesarias para uso científico, de gran utilidad en el campo de la astronomía, la física, y la meteorología. De ser construida, se le podría dotar de equipo de recepción y transmisión, a modo de transmisión repetidora entre dos puntos del hemisferio, con una frecuencia capaz de penetrar la ionósfera. Las transmisiones en línea directa demandan poca energía.

Una sola estación podría proporcionar cobertura para la mitad del globo, y serían necesarias tres de éstas para cubrir toda la Tierra. Las estaciones serían arregladas aproximadamente equidistantes alrededor del planeta, con las siguientes longitudes como apropiadas.

30 E: África y Europa, 150 E: China y Oceanía, 90 O: las Américas.



TRES ESTACIONES SATELITALES PARA CUBRIR EL PLANETA

El autor también aborda los problemas técnicos que podrían presentarse. Menciona el uso de la energía solar para el aprovisionamiento de energía eléctrica en los servicios de transmisión, aprovechando que en el espacio la radiación es intensa y continua. Por su disposición, la estación recibiría luz solar continua excepto por algunas semanas durante los equinoccios debido a la sombra de la Tierra algunos minutos al día.

♦ Implicancias sociales de los satélites de comunicación

El artículo *The Social Consequences of the Communications Satellites* corresponde a la segunda sección de la parte o prefacio 2 del libro que sirve de referencia. Arthur C. Clarke lo había presentado anteriormente en un congreso de astronáutica en 1961.

Enfatiza el autor que los satélites habrán de transformar nuestras comunicaciones. El primer aspecto mencionado corresponde a la **cobertura de las comunicaciones**: las ondas de radio viajan en línea recta y no pueden doblar según la curvatura de la Tierra. Y aunque la reflexión en la ionósfera permite que lleguen ondas cortas a grandes distancias, lo hacen también con grandes distorsiones e interferencias bajando la calidad de la información. La ubicación lejana de un satélite sustituye cualquier posibilidad de construir una torre tan alta de transmisión llegando a cubrir casi la mitad de la Tierra.

Los satélites de comunicación podrán emular un viaje ultra rápido alrededor de la Tierra. No será necesario el tendido de redes oceánicas para comunicarse a través del planeta. Afectará el mundo de los negocios y la vida social de una manera más significativa como lo ha sido el teléfono. A modo de una **Oficina Postal Orbital**, reemplazará el tradicional servicio de correo postal, pudiendo transmitirse por facsímil la información documentada que sea necesario.

En forma similar, los satélites de comunicación traerán consigo el **Periódico Global**, pues finalmente se trata de transmitir información en vez de pulpa de papel. Podrán verse las páginas principales de los principales periódicos en pantallas de alta resolución, permaneciendo el tiempo que sea necesario para su lectura. El formato sería rediseñado en canales separados para editoriales, libros, noticias, avisos clasificados, y otros, que podrían ser copiados en imágenes o en dispositivos de alta resolución.

Un enorme y excitante campo de almacenamiento y llamado de información se abre ante nuestra cultura, a modo de una *Biblioteca Central* o *Banco de Memoria*, el cual puede ser una parte permanente de la red mundial de comunicación. Lectores y escolares podrían conocer cualquier documento o un libro estrella y verlo a través de las pantallas.

La Biblioteca Electrónica está próxima a venir, almacenando información de algunos miles de años en un pequeño volumen. Demanda de la codificación y de índices de la literatura mundial, que pronto serán resueltos. Podremos contar con nuestra propia biblioteca electrónica grabando incluso música y conversaciones en medios mucho más compactos y convenientes.

La *radio y televisión global*, anunciada por el autor en su artículo de 1945, donde el pueblo de una nación puede hablar a otro y proyectar sus propias imágenes. Las radios de cualquier país, se oírán claramente en otros. Facilitará la comunicación entre las principales lenguas del mundo: mandarín, inglés, hindustaní, español, ruso, alemán, y japonés.

Debido a su neutralidad moral, las comunicaciones podrán traer a casa en la Tierra el sadismo y pornografía, juegos superfluos o que alienten el egoísmo y la rivalidad. También a exponer mentiras o esparcir verdad. Las comunicaciones serán mucho más baratas. Aunque se mantendrán los inconvenientes entre los distintos horarios entre países, el día aprovechable será más largo, y podrá controlar sus horas de sueño. Los museos y las bibliotecas del mundo, estarán permanentemente abiertas en nuestros cuartos. Máquinas maravillosas con ilimitada información, serán capaces de hablar directamente.

Hay una leyenda persa que nos advierte que llegará el día en que nos podremos comunicar mentalmente. Así pasará con nosotros. La red de comunicación que habremos de construir, será una pieza maestra, un milagro de poder y complejidad.

Los satélites de comunicaciones

Referencia

Rodolfo Neri Vela. *Satélites de Comunicaciones*. McGraw-Hill/interamericana de España. Febrero de 1991. Con el nombre de *Comunicaciones por Satélites*, se puede leer una edición más reciente, del 2003, impresa en México.

Gracias a la tecnología de los satélites artificiales y el mayor desarrollo electrónico, es posible conocer mejor los recursos naturales de la Tierra, los fenómenos meteorológicos, acortar distancias entre los distintos países, comunicarse directamente e intercambiar información de todo tipo y casi instantáneamente.

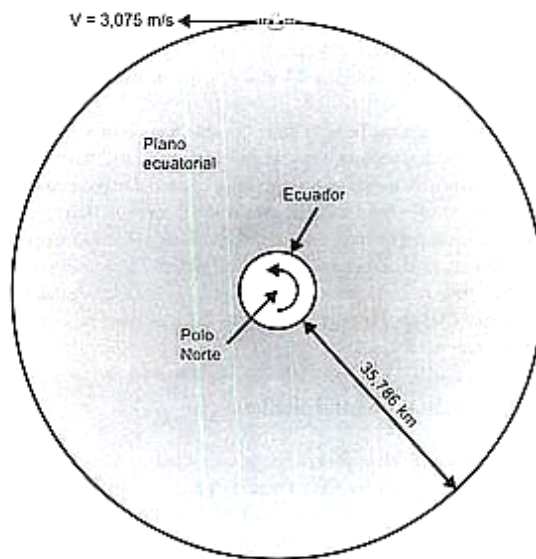
Independientemente de su objetivo, *los satélites artificiales constan de partes básicas comunes, y operan en forma similar*. Necesitan de medios de propulsión para ser lanzados y corregir su órbita, celdas solares para estar dotados de energía, o antenas para transmitir y recibir información.

Entre la familia de satélites, se distinguen los dedicados a las comunicaciones, en particular los llamados *geoestacionarios*. Recientemente se están utilizando *órbitas bajas* (alrededor de 800 km) *e intermedias* (de 10 mil a 12 mil km) – incluso en la forma de constelación de satélites, y no necesariamente en el plano del Ecuador– para el servicio de telefonía celular y radio-localización.

El lanzamiento de un satélite debe ser autorizado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Lanzamiento y colocación en órbita geostacionaria

◆ El Cinturón de Clarke



ÓRBITA CLARKE EN EL PLANO ECUATORIAL

Es la órbita más congestionada alrededor de la Tierra, preferida por su sencillez y menor costo de operación.

El satélite debe desplazarse según el sentido de rotación de la Tierra, completar una vuelta en 24 horas, a aproximadamente 36 mil km de altura sobre el nivel del mar, y a una velocidad de 3,075 m/s.

Existen tres procedimientos para conducir un satélite a una órbita geostacionaria.

La ubicación directa

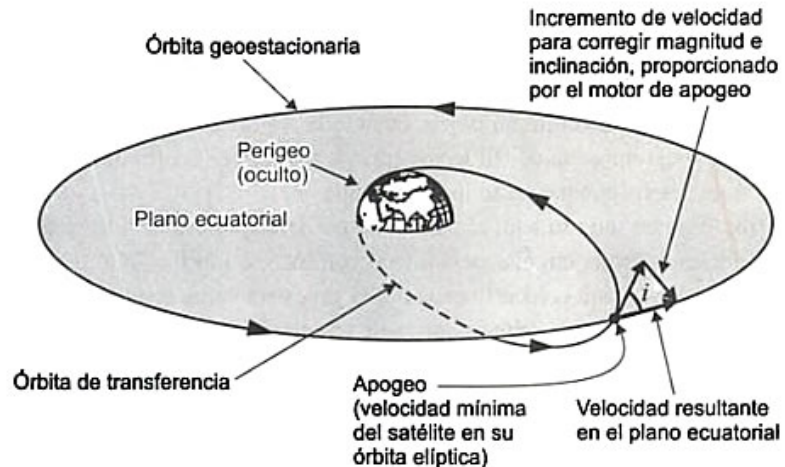
El transporte del satélite debe emplear un cohete de varias etapas que lo conduzca directamente a la órbita de Clarke. Es una forma muy costosa, que se emplea para lanzar satélites militares.

El lanzamiento con órbita elíptica inicial

Con el auxilio de un cohete, el satélite es lanzado inicialmente a una órbita elíptica alargada en donde la Tierra es uno de los dos focos. En esta ubicación se desprende del cohete y da una o más vueltas en una **órbita denominada de transferencia geo-síncrona**.

En esta órbita, el **perigeo** (distancia más cercana a la Tierra) está a una altura aproximada de 200 km sobre el nivel del mar. El **apogeo** debe permitir llegar a una distancia de 35,788 km en el plano ecuatorial, que es la altura en la que debe funcionar el satélite.

Para conseguir la órbita circular final, el satélite -según lo programado, y adecuada su orientación- hace uso de un motor propio, llamado **motor de apogeo**, que se enciende y le da al satélite un incremento sustancial de velocidad a fin de dejar la órbita elíptica, y pasar a la órbita circular geostacionaria final.



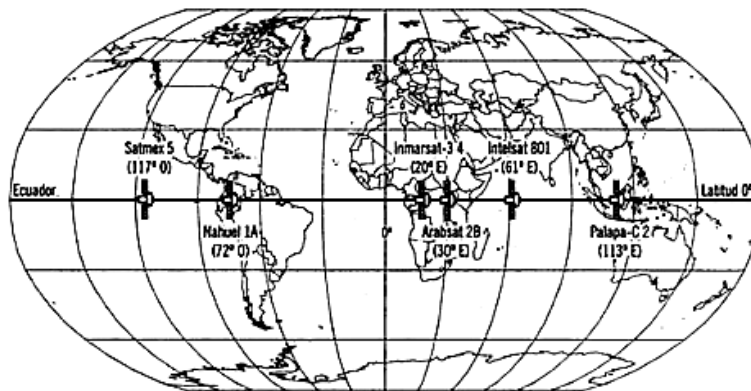
USO DE ÓRBITA ELÍPTICA DE TRANSFERENCIA

Lanzamiento con órbita circular baja

En este caso se utiliza una órbita inicial circular a una altura aproximada de 300 km sobre el nivel del mar. En esa posición, el *orbitador* desprende el satélite cuando la nave está cruzando el plano del Ecuador. Después de 45 minutos, al volver a cruzar este plano, se enciende el *motor de perigeo* del satélite conduciéndolo a una órbita elíptica similar a la del procedimiento anterior. Al cumplir su misión, el motor de perigeo se desprende del satélite para que en su momento, el *motor de apogeo* cumpla con su misión de cambiar de la órbita elíptica a la final geoestacionaria.

La órbita geoestacionaria

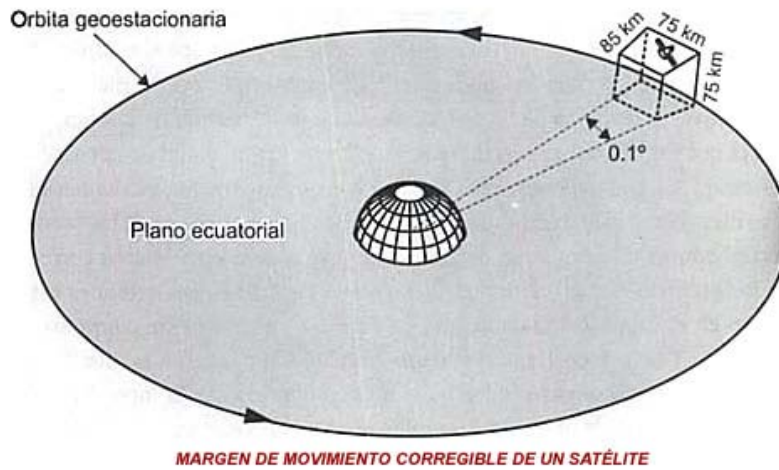
La longitud de esta órbita es aproximadamente las dos terceras partes de la distancia a la Luna. Con 265 mil km es posible colocar muchos satélites sin que interfieran entre sí, bajo condiciones normales.



REFERENCIA ECUATORIAL DE LA ÓRBITA GEOESTACIONARIA

De otra parte, dado que la órbita geoestacionaria coincide con el plano del Ecuador, cualquiera de sus puntos tendrá una latitud geográfica de cero grados. De esta manera, para identificar la localización de un satélite basta con señalar su longitud Este u Oeste en relación con el meridiano de Greenwich.

La posición mínima de un satélite respecta a otro debe ser de 2 grados, equivalente del orden de 1,500 km de distancia, lo cual refuerza la escasa probabilidad de interferencia entre dos satélites contiguos.



De otra parte, diferentes fuerzas de perturbación pueden alterar la ubicación deseada del satélite, a saber:

Elementos de perturbación de posición en un satélite

Origen	Efecto
Atracción gravitacional de la Tierra	Desviaciones Este - Oeste en posición longitudinal
Atracción gravitacional del Sol y la Luna	Desviaciones Norte - Sur (inclinaciones)
Presión de la radiación solar	Aumento o disminución de la excentricidad, alternado semestralmente.

El satélite dispone de un **subsistema de propulsión**, con el cual es posible corregir su orientación y posición. Esto se efectúa a control remoto en forma periódica. Este subsistema es efectivo en un espacio cuyas dimensiones se indican en la figura previa.

Los subsistemas del satélite

El satélite es un sistema diseñado a través de un conjunto de componentes o subsistemas, organizados según las funciones que deben cumplir. Los principales subsistemas y sus funciones, son los siguientes.

Principales subsistemas del satélite

Subsistema	Funciones
Antenas	Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia

Principales subsistemas del satélite

Subsistema	Funciones
	desde o hacia las zonas propias de su cobertura.
Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar su frecuencia, entregándoselas a las antenas para su transmisión a la Tierra. Puede incluir procesamiento
Energía eléctrica	Suministrar electricidad en niveles adecuados a todos los equipo, bajo condiciones normales y en caso de eclipses.
Control térmico	Regular la temperatura del conjunto, día y noche.
Posición y orientación	Determinar la posición y orientación del satélite. Estabilización correcta de antenas y paneles solares.
Propulsión	Proporcionar incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y la orientación.
Rastreo, telemetría y comando	Intercambiar información con el centro de control de la Tierra respecto al funcionamiento y a su nivel operativo.
Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto, en el lanzamiento y durante su vida útil.

Los satélites y la cartografía

Referencia

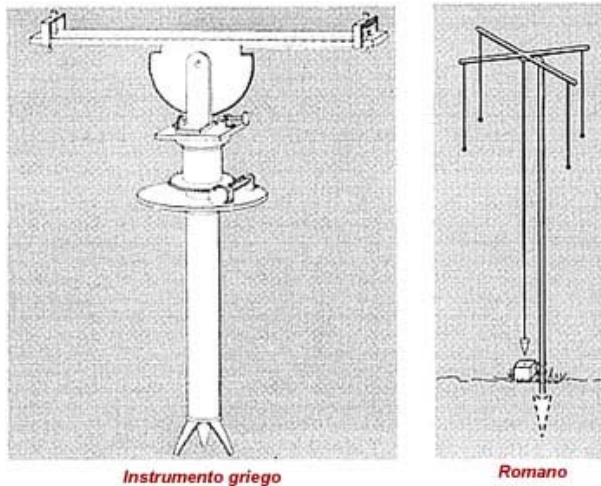
Paul R. Wolf (Professor Emeritus. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin). *Surveying and Mapping: History, Current Status, and Future Projections. 150th Anniversary Paper*. Journal of Surveying Engineering. Vol 128, N° 3, August 1, 2002. ASCE.

Desde la fundación del ASCE en 1852, y sus primeras publicaciones desde 1867, han ocurrido muchos cambios en los distintos campos de la ingeniería, incluyendo la cartografía y el mapeo. Los cambios se reflejan principalmente en el uso de los instrumentos, que en el caso de Estados Unidos han evolucionado desde el compás y cadena, un periodo de tránsito y cintas, otro de teodolitos de lectura óptica, equipo de medición de distancia electrónico, fotogrametría aérea, y finalmente en la actual etapa de computadoras de alta velocidad, el sistema de posición global, los instrumentos de estación total en robótica, fotogrametría digital, y sistemas satelitales remotos. El artículo revisa la historia de la cartografía y mapeo, describe su estado actual, y estima cómo podría evolucionar en el futuro.

Historia de la cartografía

♦ La antigüedad

Diversas mediciones de verificación, permiten asegurar que la práctica de la cartografía data cuando menos de la época de las pirámides desde 2900 A. C. La precisión de sus medidas y la orientación cardinal así lo confirman. En el mismo Egipto se hacían mediciones en las riberas del Nilo. También hay evidencia de cartografías similares en Babilonia, China e India. Los griegos en el año 120 A. C., describieron uno de los primeros instrumentos de cartografía, basado en un sistema de lentes, que en base a engranajes podía girar vertical y horizontalmente para mediciones de ángulos.



♦ Los romanos

Para el trazado de lotes rectangulares, los romanos desarrollaron su propio instrumento de cartografía, así como su propio nivelador (usando agua en este último caso).

♦ Cartografía en Europa

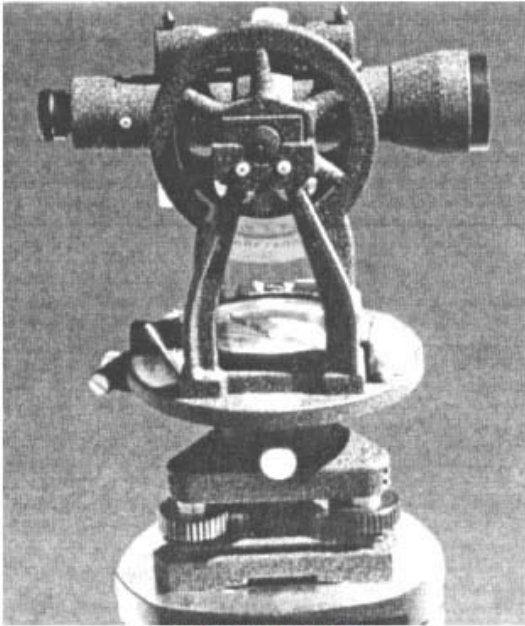
Alrededor de 1570, el cartógrafo inglés Thomas Diggs publicó un libro describiendo un instrumento que llamó *teodolito*, desarrollado y usado en *topografía*. Contiene un sistema de visualización y un disco graduado en 360°. También fue usado para tareas de *triangulación*.

Galileo Galilei desarrolla el *telescopio* en 1609. Pierre Vernier, en 1631, el *vernier*. Su incorporación al teodolito, junto con *las líneas cruzadas*, contribuye a mejorar su operación y precisión. En 1666, Thevenot introdujo el *nivel* para su uso en carreteras. En 1770, el inglés Jesse Ramsden desarrolló una máquina para división mecánica del círculo, lo que ayudó a instrumentar la precisión de medidas angulares.

♦ Cartografía en Estados Unidos

Con la independencia, la necesidad del ordenamiento de tierras requirió de la Ordenanza de 1785 llamada Sistema Cartográfico de Tierras, la cual obligó a una descripción única de cada parcela sobre la base de una unidad estándar de tierra según las direcciones cardinales.

A partir de 1800, al crecer la población de Estados Unidos, aumentó también el número de asentamientos y los proyectos de carreteras, puertos, canales y otros, que demandaron la elaboración de mapas.



En 1831, William Young inventó el primer *tránsito americano*, el mismo que fue progresivamente mejorando en tamaño de círculos y precisión angular.

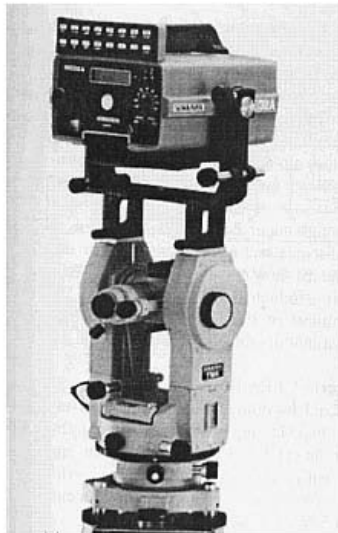
Posteriormente se desarrolló un nuevo tipo de nivel, así como la incorporación de un tablero montado sobre un trípode para el dibujo directo en campo.

Mientras, en Europa los teodolitos comenzaron a mejorar, disminuyendo en tamaño y aumentando en precisión. En 1950, se introdujeron en el mercado los productos japoneses, entre ellos,

los *teodolitos de lectura óptica* de gran calidad. Tuvieron gran popularidad hasta la aparición de la estación total.

♦ La fotogrametría

La invención de la fotografía por el francés Louis Daguerre en 1839, y el aeroplano en 1902 por los hermanos Wright, proporcionaron la base para las *fotos aéreas*. El *mapeo aero-fotográfico* fue realizado por primera vez en 1913, y extensamente utilizado en la primera guerra mundial.



MEDIDOR ELECTRÓNICO DE DISTANCIAS
SOBRE UN TEODOLITO

La *fotogrametría* tuvo su propio y extenso desarrollo acompañada por instrumentos de foto-interpretación y proyección óptica. También fueron agregados instrumentos de mapeo, y con el uso de transparencias, las fotos podían superponerse para su empleo en estudio. De esta manera se facilitó también el desarrollo del *mapeo tridimensional*.

En 1950, la fotogrametría contó con el auxilio de las computadoras, los mapas fueron digitalizados y las localizaciones fijadas por puntos, contribuyendo a precisar los sistemas geográficos de coordenadas. Se le llamó la *fotogrametría analítica*, y en correspondencia, el dibujo del *mapeo analítico*.

♦ La cartografía electrónica

La medición electrónica de distancias fue primero desarrollada por el sueco Erik Berstrand en 1948, en un equipo llamado el *geodímetro*, el que introdujo el empleo de haces de luz, en su emisión y regreso. Entre 1950 y 1970, estos instrumentos fueron mejorados, disminuidos en tamaño, más exactos y fáciles de usar. Tan pequeños que fueron montados en teodolitos, constituyendo así la base de los *teodolitos electrónicos*.

El estado actual

El computador ha tenido un crucial impacto en la cartografía y el mapeo. Se reflejan directamente en:

- Los instrumentos de estación total, incluyendo los sistemas robóticos.
- El sistema de posicionamiento global.
- La fotogrametría digital y los sistemas de detección de luz.
- Percepción satelital remota o teledetección.
- Sistemas de información geográfica.

◆ La estación total

La conjunción del teodolito con instrumentación electrónica, dio lugar en 1980 con la *estación total*, donde las distancias y los ángulos son medidos y controlados por un computador. Los resultados pueden ser mostrados en pantalla, almacenados y transmitidos en tiempo real. Incluso pueden ser programadas para actuar en forma autónoma en las llamadas *estaciones totales robóticas*.

◆ El sistema de posicionamiento global, GPS

Están basados en observaciones de señales transmitidas desde una constelación de satélites (cada satélite transmite una sola señal). Las señales son captadas por estaciones terrestres llamadas *receptores*. Las distancias desde los satélites a los receptores, permiten recibir posiciones a ser calculadas. Un sistema corrector de errores facilita el eliminar ambigüedades, llegando a precisiones de pocos centímetros o menos.



GPS EN MODO DINÁMICO

Las mediciones GPS pueden efectuarse en *modo estático* o *dinámico*. En este último caso, un receptor está permanentemente colocado en una estación de control (punto de posición conocida), y el otro, el *móvil* se mueve de punto a punto. Se puede hacer mediciones de fenómenos de carácter dinámico, como los hidráulicos, tuberías

marinas u otros, aunque igualmente son aplicables a trabajos tradicionales de trazados.

◆ Fotogrametría digital

El uso de instrumentación analógica para la fotointerpretación, ha sido cambiado sustancialmente por los métodos digitales. Los puntos que sirven de localización, son reemplazados por pequeños elementos de dibujo llamados *pixeles*. Ello transforma la fotografía a una tabla de localización según las coordenadas usadas, y a identificar las características de cada pixel. Las cámaras digitales también están desarrolladas para esta interpretación evitando la necesidad de un escaneo.

◆ **Sistemas de mapeo por detección de luz**

Este sistema consiste de un dispositivo laser, un sistema de navegación, un receptor GPS, y un computador, a bordo de un avión. En la operación, los pulsos de laser son dirigidos al terreno y registrados sus retornos. El GPS proporciona la posición del avión en su recorrido. El computador procesa la información por medio del cálculo vectorial según la red conformada por la información acopiada.

◆ **Percepción satelital remota**

Corresponden a imágenes satelitales captadas desde el espacio, permite que un escáner identifique los múltiples espectros en una precisión cuyo nivel ha ido mejorando. Las imágenes satelitales tienen formato digital, y de esta manera pueden emplearse las técnicas de fotogrametría digital.

◆ **Sistemas de Información Geográfica, GIS**

Son sistemas que permiten almacenar, integrar, manipular, analizar y mostrar prácticamente todo tipo de datos espaciales. Tienen cada vez un más amplio uso en planeación, diseño, y gestión.