

Universidad Politécnica de Cartagena
Escuela Técnica Superior de
Ingenieros de Telecomunicación



Laboratorio de Comunicaciones Espaciales

Práctica 2.
Curso 2009-2010

Trayectorias de Satélites
Manejo del programa Orbitron

Autores : Juan Pascual García
Fernando D. Quesada Pereira
Alejandro Álvarez Melcón

1. Introducción

En la presente práctica se aprenderá a utilizar el programa **Orbitron**¹. Dicho programa permite visualizar las trayectorias y la cobertura de diversos satélites que se encuentran en su base de datos. La trayectoria de un satélite es el recorrido que efectúa el punto subsatélite² a lo largo de la superficie terrestre debido al movimiento relativo del satélite respecto a la Tierra. En la Figura 1 podemos ver la apariencia del programa. Se diferencian tres partes principales en la pantalla: un menú situado en la parte inferior, una zona central en la que se representa la tierra y una zona situada en la derecha que muestra la lista de satélites y en la que podemos consultar datos sobre los mismos. El programa también muestra en la zona inferior derecha un reloj con la hora local o la hora UTC³ según se haya seleccionado en el menú y una pequeña zona en la que podemos ver un círculo llamado mini-radar en el que se representan los satélites que se encuentran en el campo de visión.

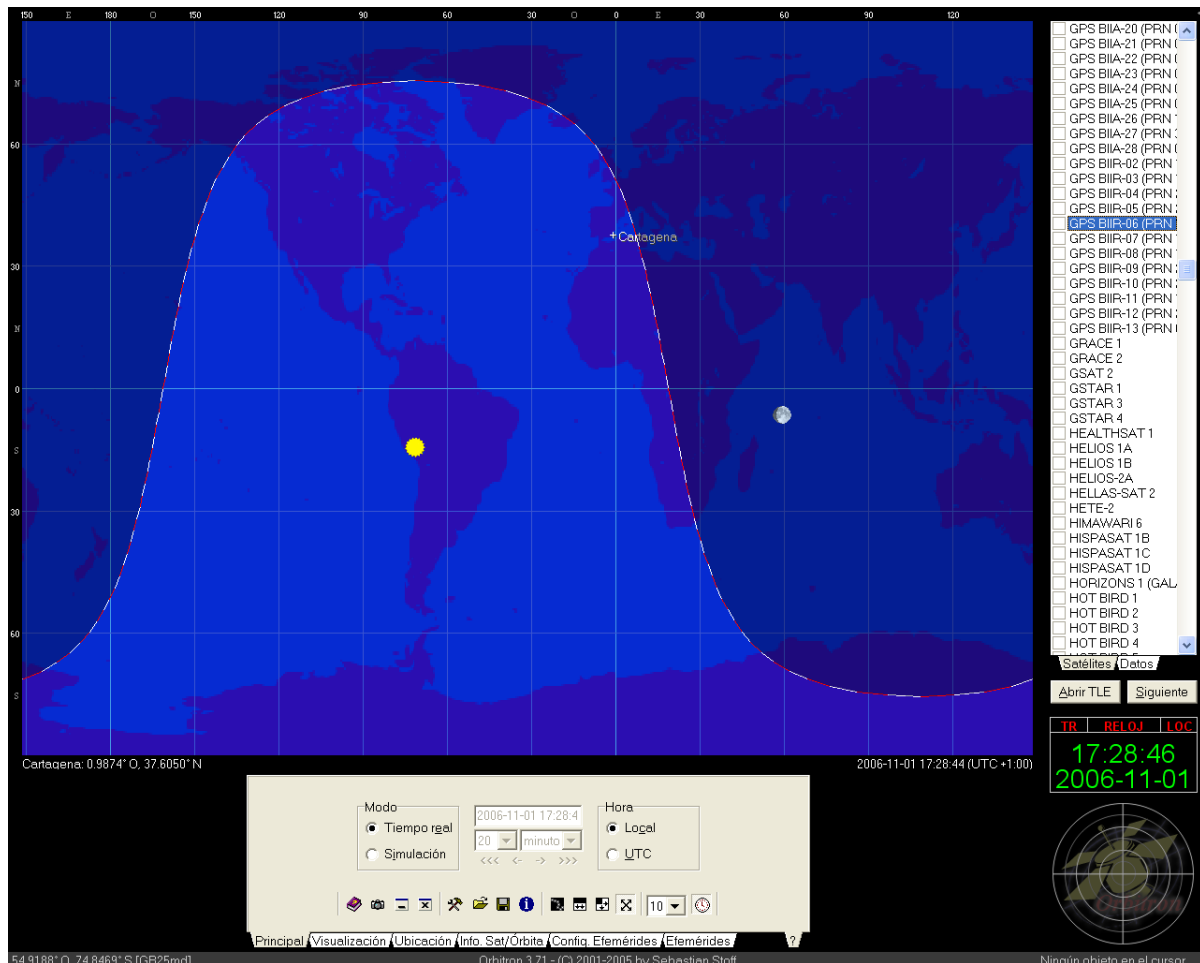


Figura 1. Vista del programa Orbitron

¹ El programa Orbitron se puede descargar desde: <http://www.stoff.pl/> e instalar de forma gratuita.

² El punto subsatélite es aquel que resulta de la intersección de la esfera terrestre con la línea que une al satélite con el centro de la Tierra.

³ La hora UTC o “Coordinated Universal Time” es la hora en el meridiano de Greenwich y es utilizada como referencia para comunicaciones civiles y militares. También se le llama hora Z u hora Zulu.

La Tierra aparece representada en la zona central mediante una representación cilíndrica equidistante. Debido a que la Tierra es una esfera existen varias formas de representarla en un plano de dos dimensiones. Por ejemplo en una representación de la Tierra de tipo mercator, aquella se dibuja en un rectángulo con los meridianos representados con líneas rectas paralelas equiespaciadas y los paralelos como líneas rectas paralelas que interseccionan a los meridianos con ángulos rectos pero espaciados cada vez más según se separan del ecuador, ver Figura 2. En cambio, en una representación de tipo hammer los paralelos son líneas rectas paralelas y los meridianos son elipses, además el meridiano central es una recta que forma un ángulo recto con el ecuador, al cual divide por la mitad, ver Figura 3. Cada representación tiene sus ventajas y sus defectos a la hora de mostrar las trayectorias y coberturas de los satélites. Como puede observar el alumno en la representación cilíndrica equidistante la superficie terrestre se inscribe en un rectángulo en el que los paralelos y los meridianos son líneas rectas paralelas que se interseccionan formando ángulos rectos, ver Figura 4. En este último tipo de mapas los contornos de los satélites se distorsionan al acercarse a los polos.

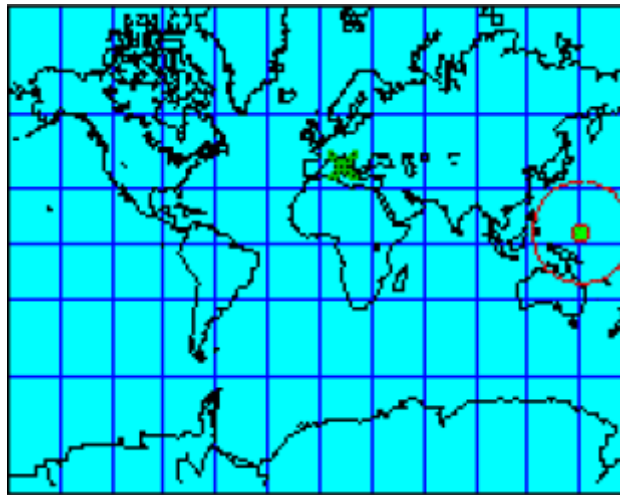


Figura 2. Representación mercator



Figura 3. Representación hammer

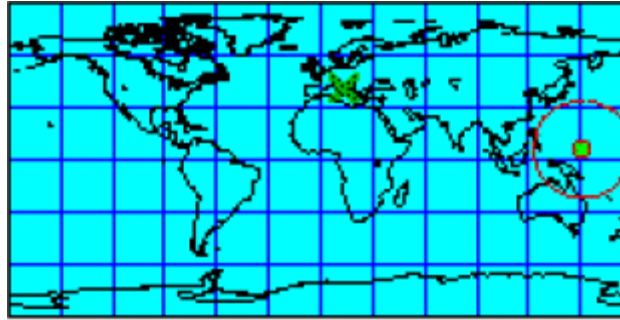


Figura 4. Representación cilíndrica equidistante

2. Zona de visualización

En la zona de visualización central se van a poder seguir las evoluciones de los satélites que se seleccionen en la base de datos de la derecha. Inicialmente observamos dibujados en el mapa únicamente el sol y la luna. La zona iluminada por el sol aparece dibujada en color azul claro mientras que la zona nocturna se muestra en azul oscuro. El mapa se puede desplazar para mostrar en la zona central la parte de la Tierra deseada. Para desplazar el mapa se debe situar el cursor del ratón sobre el mapa y manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón, moverlo hacia el este o el oeste. Si se desea determinar los satélites que se observan desde un punto de la Tierra se debe seleccionar una ubicación en el menú principal. Seleccionamos la pestaña **Ubicación** (ver Figura 5) y en la sección **World** escribimos Cartagena. Aparecen dos ciudades con el nombre de Cartagena, seleccionamos la primera, pulsando en el botón **seleccionar**, y observamos que queda marcada en el mapa con una cruz y el nombre de la ciudad. De este modo podremos comprobar en cada momento del día que satélites entran en el campo de visión desde la ciudad de Cartagena y cuando abandonan el mencionado campo. Si el punto donde se quiere colocar la estación terrestre no aparece en la lista o la posición es errónea existe la opción de añadir una ubicación cualquiera introduciendo los datos adecuados de longitud y latitud.

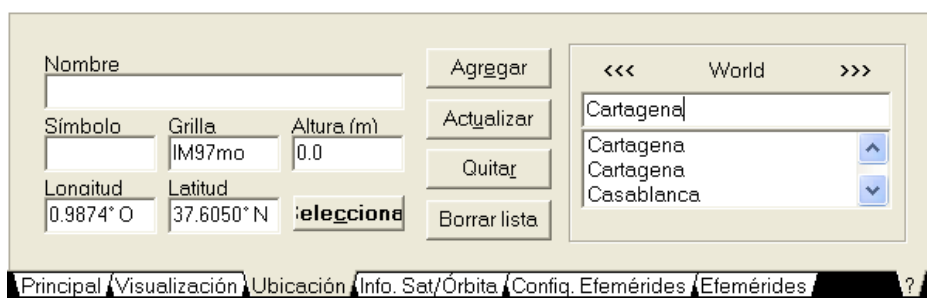


Figura 5. Pestaña Ubicación

En la pestaña **visualización** del menú principal se pueden controlar las características de la zona de visualización, ver Figura 6. El submenú visualización tiene tres secciones. En la sección **Mini-radar** permite activar el mini-radar de la parte derecha, ver Figura 7. De esta forma se puede ver el satélite en el mapa general

terrestre y el campo de visión del punto terrestre seleccionado (en nuestro caso Cartagena) en el mini-radar. Cuando un satélite entre en el campo de visión aparecerá dibujado con un cuadrado en el mini-radar. Además se puede ver el nombre, la dirección y la trayectoria de los satélites que aparezcan en el mini-radar seleccionando las opciones correspondientes de la sección Mini-radar. En la sección **Recorrido del satélite en seguimiento** se puede seleccionar el tramo de la trayectoria del satélite (principal, mitad o final), para trabajar seleccionaremos la opción principal. En la sección **Mostrar en el mapa** aparecen diversas opciones sobre los elementos representados en el mapa. Podemos elegir no mostrar el sol, o no mostrar las fases de la luna. Asimismo podemos eliminar los paralelos y meridianos deseleccionando la opción Grilla. Es preferible mostrar los paralelos y meridianos de modo que mantendremos esta opción marcada.

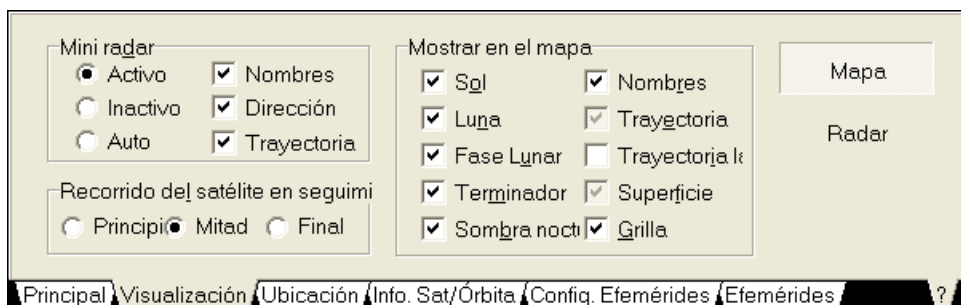


Figura 6. Pestaña Visualización



Figura 7. Mini radar

A continuación seleccionaremos un satélite para observar su trayectoria y cobertura. Si pinchamos sobre el botón **Satélites** de la parte derecha aparecerá desplegada la lista de satélites. Vamos a seleccionar el satélite Hot Bird 1. Si no se encuentra en la lista pulse en el botón **Abrir TLE** y seleccione todos los archivos que aparecen, pulse abrir y se cargará así la base de datos de satélites completa. La trayectoria del satélite se dibuja mediante una línea de color amarillo y la cobertura con una línea de color verde. Como puede observar el alumno, el satélite Hot Bird 1 no sigue ninguna trayectoria debido a que es un satélite geostacionario. Aparece en el cielo como un punto fijo al que podemos orientar una antena que igualmente permanezca fija para recibir o enviar información. Este satélite se encuentra situado en una zona que no entra en nuestro campo de visión tal como se aprecia en el mapa general y en el mini-radar. Vamos a seleccionar a continuación el satélite Astra 2B.

Éste es un satélite geostacionario que sí se encuadra en el campo de visión de Cartagena tal y como se ve en el mini-radar. Para ver la cobertura del satélite Astra 2B sitúese sobre él en la lista de satélites, pulse el botón derecho y pulse en Seleccionar, de este modo observaremos sobre el mapa general la cobertura del Astra 2B en lugar de la del Hot Bird 1. También podemos cambiar de uno a otro pinchando con el botón izquierdo sobre ellos en el mapa general. Al resaltar la cobertura del Astra 2B vemos cómo Cartagena entra dentro de ella, ver Figura 8. Existe la opción de ver el campo de visión en lugar del mapa general, para ello seleccione la pestaña **visualización** y pulse sobre el botón Radar que aparece debajo de Mapa. En el nuevo campo de visión observamos los elementos que se divisan desde el punto terrestre seleccionado. Ahora deseleccionaremos los satélites anteriores, para ello primero pulsamos con el botón derecho del ratón sobre un satélite cualquiera y abrimos el submenú **Seguir** seleccionando después la opción **Ninguno**.

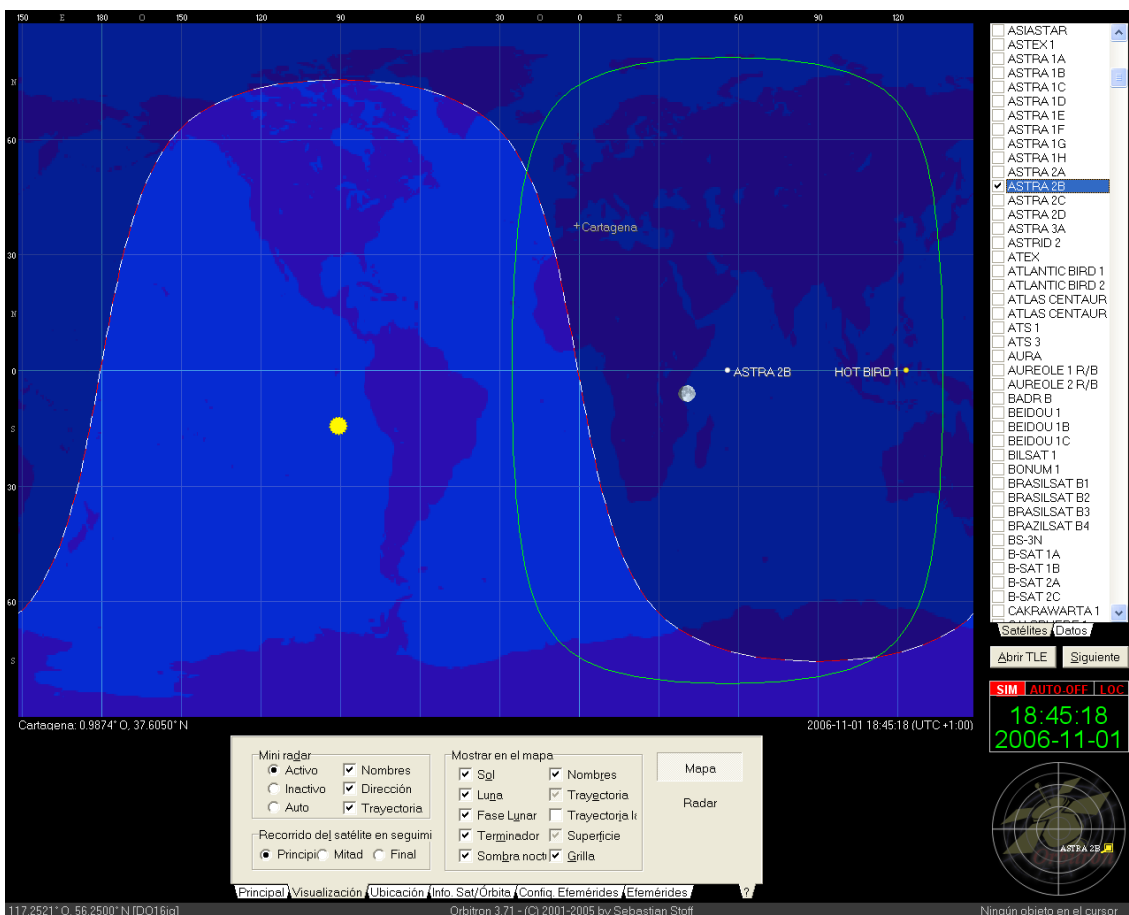


Figura 8. Cobertura del satélite Astra 2B y posición del satélite Hot Bird 1

A continuación seguiremos la trayectoria de un satélite no geostacionario. Seleccionaremos un satélite de la constelación GPS. Dichos satélites se sitúan en órbita media y ofrecen un servicio de posicionamiento global. Busque un satélite de la mencionada constelación que se encuentre en el campo de visión actual. Al observar la trayectoria del satélite nos percatamos de que llega un momento en el que el satélite desaparecerá de nuestro campo de visión. Simularemos la

desaparición del satélite del campo de visión utilizando el modo simulación de la pestaña **Principal** del menú. Mediante el mencionado modo podemos simular el movimiento del satélite hacia atrás o hacia delante en el tiempo. La simulación se puede realizar tanto con el mapa general como con el modo radar. La posición del satélite se muestra para instantes de tiempo en el futuro o en el pasado, determinados por el intervalo temporal que se puede seleccionar en la pestaña simulación. Para observar la evolución del satélite más rápidamente tendremos que seleccionar intervalos de tiempo mayores y por el contrario si deseamos ver la evolución más lentamente, la actualización de la posición del satélite se llevará a cabo a intervalos más cortos. La simulación comienza cuando se pulsa el botón Adelante (auto) que tiene como símbolo >>> o el botón Adelante manual cuyo símbolo es ->. Simule la trayectoria del satélite GPS hasta que su cobertura abandone el campo de visión de la estación terrestre. Varíe asimismo el intervalo temporal para apreciar el movimiento del satélite más rápidamente seleccionando por ejemplo un intervalo temporal de 20 minutos y más lentamente seleccionando un intervalo temporal de 1 minuto.

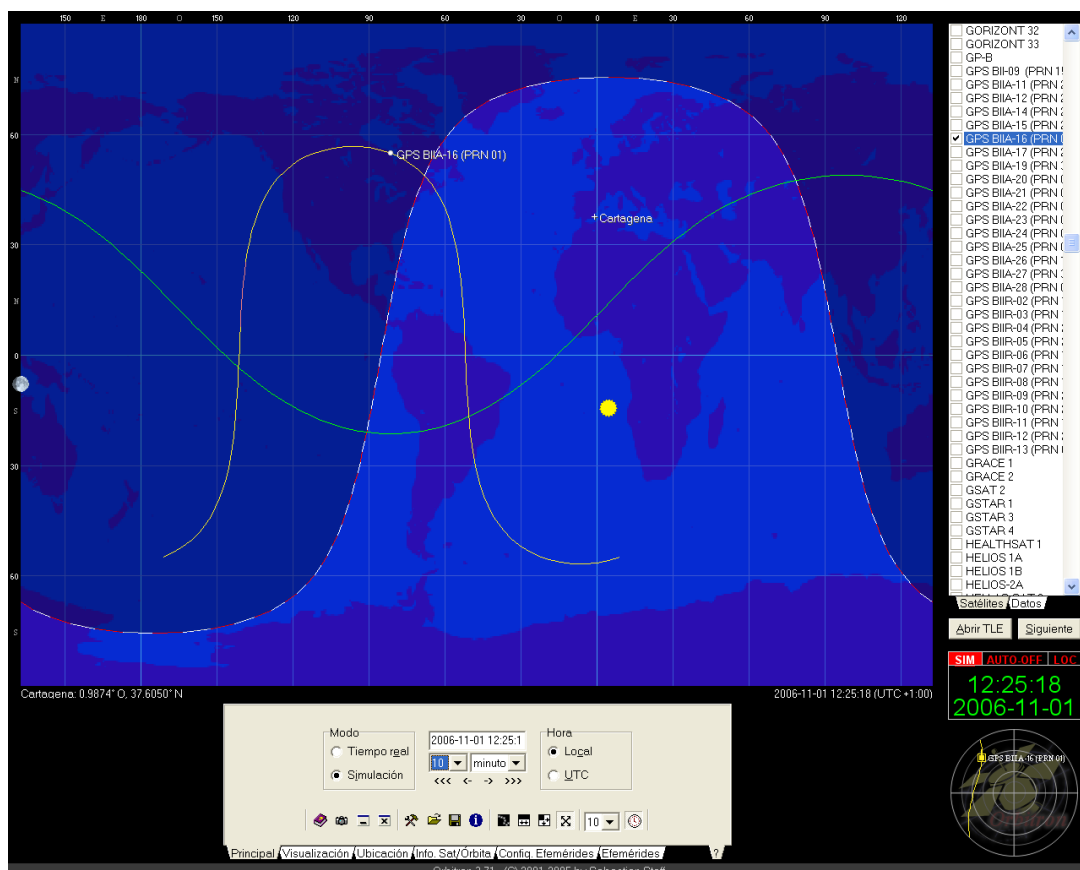


Figura 9. Ejemplo de satélite GPS dentro del campo de visión

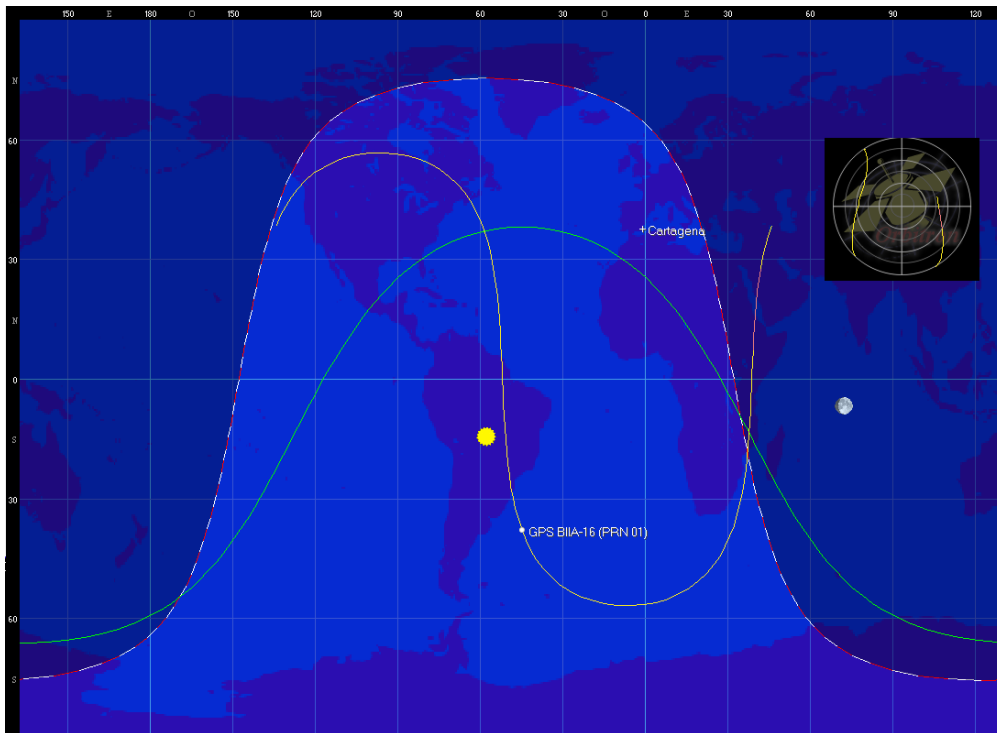


Figura 10. Ejemplo de GPS fuera del campo de visión

3. Ventana de datos

En la **ventana de datos** se distinguen dos pestañas diferentes. Por un lado la pestaña **Satélites** contiene la lista de satélites que cargue en el programa. Las diferentes listas de satélites se encuentran guardadas en archivos de texto que contienen los datos de los satélites en formato TLE⁴. Por otro lado la pestaña **Datos** muestra principalmente la información sobre la órbita del satélite seleccionado en la lista de satélites. La información orbital también se puede consultar en la pestaña **Info. Sat./Órbita** del menú principal. Vamos explicar cuáles son los datos orbitales que se encuentran en la pestaña **Datos**. Para ello seleccione un satélite de la constelación Orbcmm cuya cobertura incluya a Cartagena, ver Figura 11. Dicha constelación está formada por satélites de órbita baja dedicados a ofrecer servicios de comunicaciones inalámbricas. Los dos primeros datos que observamos son la **longitud** (lon) y la **latitud** (lat) del punto subsatélite, realice una simulación temporal y muestre la posición del satélite dentro de 20 minutos. Observe cómo cambian la longitud y latitud del punto subsatélite. El siguiente dato es la **altitud** (Alt (km)), es decir, la distancia entre el satélite y la superficie terrestre. A continuación se muestran el **acimut** (Acm) y **elevación** (Alt) que deberíamos aplicar a una antena (generalmente parabólica) para orientarla hacia el satélite. El resto de principales datos orbitales son los siguientes: la **ascensión recta** (RA), la **declinación** (Decl), la **distancia** entre el punto de observación terrestre y el satélite (Dist (km)), la **variación de la distancia** respecto al tiempo que sirve para calcular

⁴ El formato TLE (Two-line Element) es un formato que utiliza el NORAD para identificar la posición de un objeto que orbite en torno a la Tierra.

el efecto Doppler (RRt (km/s)), la **velocidad** del satélite (Vel (km/s)), la **dirección** ascendente o descendente del satélite (Dirección), la **anomalía media** de la órbita (MA) y la **anomalía verdadera** de la órbita (TA).

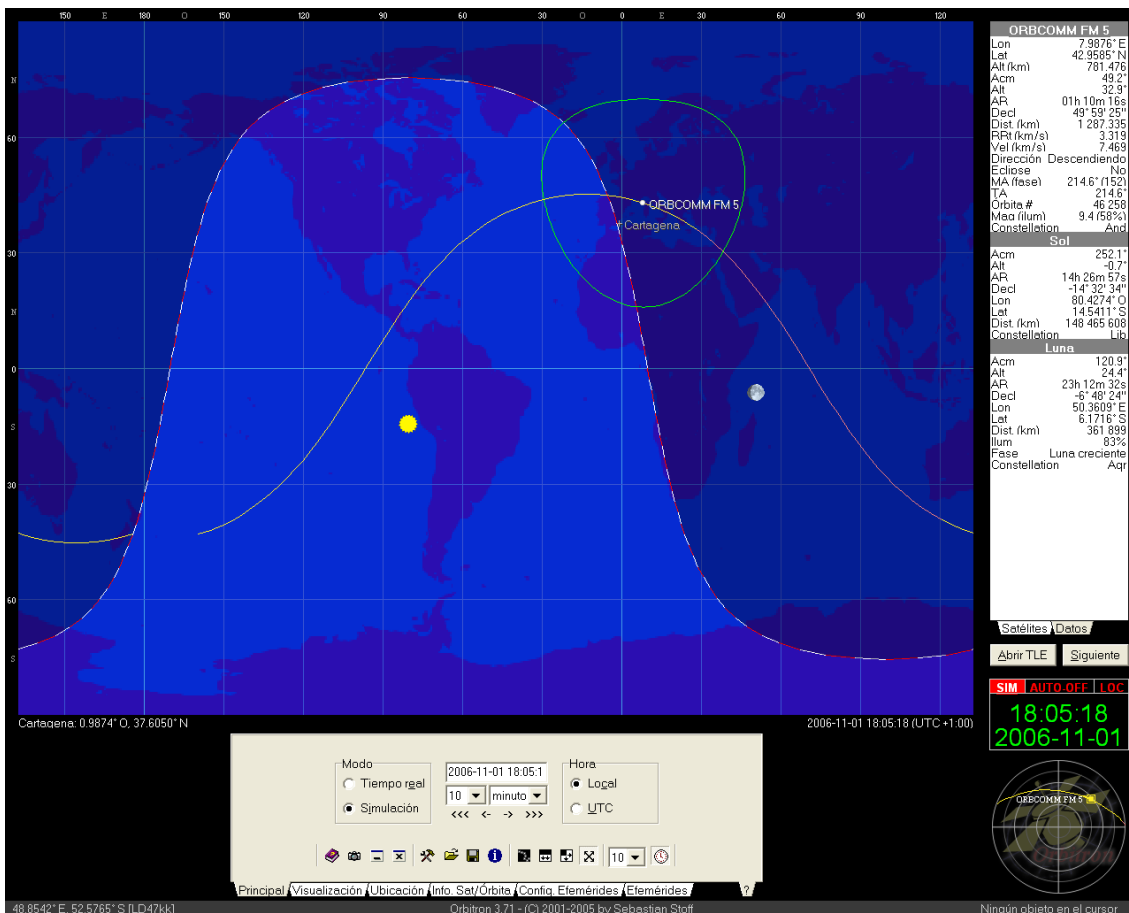


Figura 11. Satélite de la constelación Orbcomm

4. Ejercicios.

- 4.1. Seleccione un satélite geostacionario y realice una simulación temporal con intervalo de 20 minutos para ver la posición del satélite una hora después del momento actual. ¿Cambia la longitud y latitud del punto subsatélite? ¿A qué se debe este hecho? Explíquelo cualitativamente recurriendo a la posición del punto subsatélite y la distancia del satélite a la Tierra.

4.2. Halle todos los satélites de la constelación de GPS que se encuentran en el campo de visión de Cartagena. ¿Cuántos son? Según lo estudiado en las clases teóricas, ¿cuántos son necesarios como mínimo para proporcionar un servicio de posicionamiento? ¿Por qué aparecen más de los teóricamente necesarios? ¿Qué cobertura es más parecida a la de un satélite GPS: la de un satélite geoestacionario o la de un satélite LEO? Razone por qué poseen un tipo de cobertura y no el otro. Explique las razones por las que los satélites GPS se sitúan en órbita media. ¿Podrían haberse situado en órbita geoestacionaria?. Razone la respuesta y en caso afirmativo explique por qué cree que no se colocaron en una órbita geoestacionaria.

4.3. Seleccione alguno de los satélites Iridium que se encuentren en el campo de visión de Cartagena en el momento actual. Los satélites Iridium ofrecen servicios de telefonía y de transmisión de datos. Dibuje su cobertura en el mapa terrestre. ¿Cuáles son las funciones que desempeña el satélite Iridium en el servicio de telefonía? Si comparamos un sistema de comunicaciones móviles vía satélite como Iridium con un sistema de comunicaciones móviles terrestre, ¿Cuál es el elemento del sistema terrestre equivalente al satélite Iridium en el sistema vía satélite? ¿Qué representa la cobertura del satélite en el sistema de telefonía? Realice una simulación temporal con un intervalo de 20 minutos y observe cómo cambia la posición del punto subsatélite. ¿Por qué se desplaza más rápidamente que un satélite en órbita media?

4.4. En la Figura 12 se observa la cobertura de un satélite Iridium situado en una latitud elevada del hemisferio norte. Dibuje su cobertura en la Figura 13.

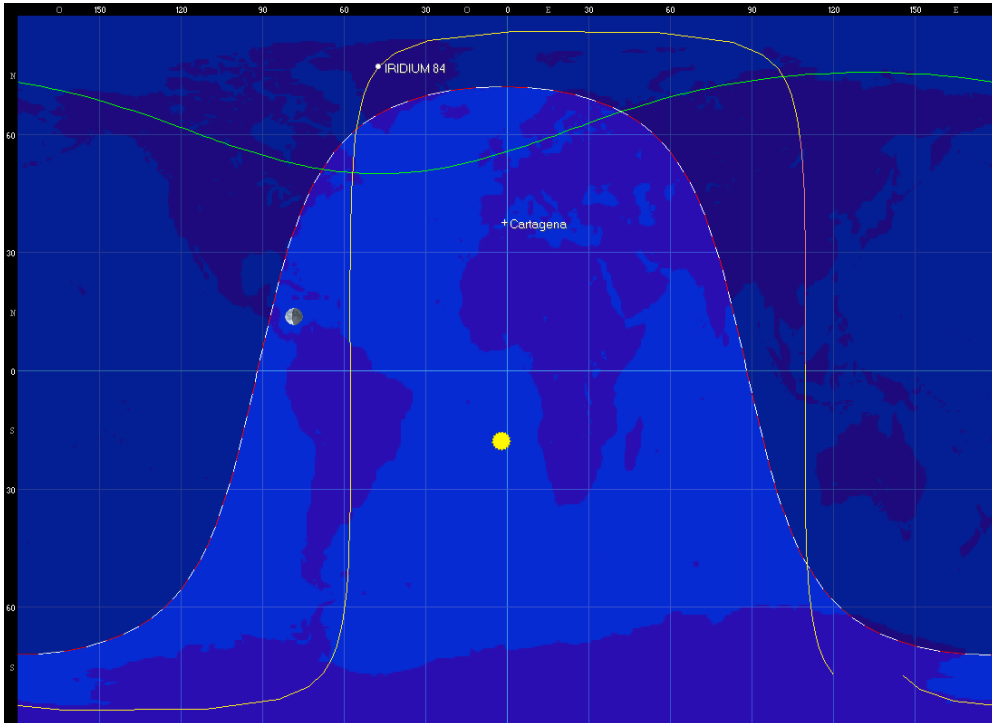


Figura 12 Cobertura de un satélite Iridium

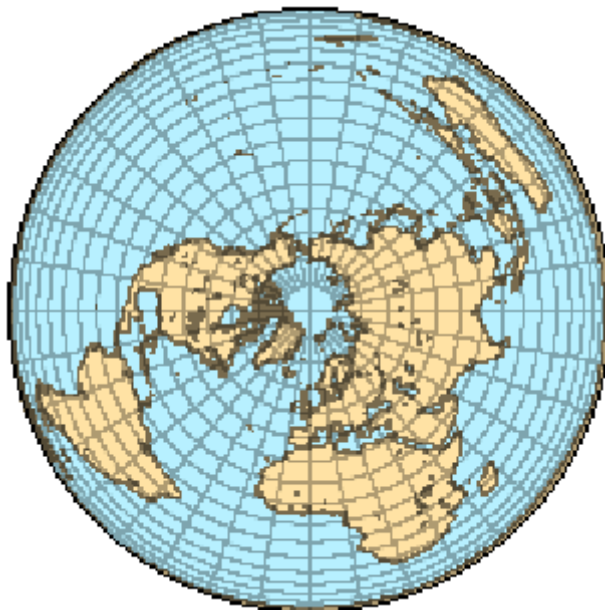


Figura 13. Mapa centrado en el polo norte.