

## **Descarga de Información de CubeSats**

**Brayan Antonio Gómez Suarez**

Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, Colombia, brayan.gomez @correo.usa.edu.co

**Crhistian Augusto Amador León**

Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, Colombia, crhistian.amador @correo.usa.edu.co

**Lucy Nohemy Medina Velandia**

Universidad Sergio Arboleda, Bogotá, Colombia, lucy.medina@ usa.edu.co

### **ABSTRACT**

Artificial satellites are man's design tools that allow us know more about space and our planet, these satellites are designed with the idea of capturing and sending endless data and variables and being discharged to the ground and make a relevant analysis . But this process can be divided into three parts, the first, the capture of this data, whether temperature, images, atomic particles, etc. The second one, the fact of download this information and how it manages to bring these data to the earth. This second phase is the focus of this article, because depending on the type of data you are interested download some changes are needed in the transmission equipment, modified frequencies, antennas, protocols and other variables discussed in this paper; and finally the third phase is to give sense to this data, analyze it and to find an application or use in society.

**Keywords:** Images, Artificial Satellites, Telemetry, Audio.

### **RESUMEN**

Los satélites artificiales son herramientas de diseño del hombre que nos permiten conocer mas del espacio y de nuestro planeta, estos satélites son diseñados con la idea de capturar y enviar un sinfín de datos y variables para luego ser descargados a la tierra y hacer un análisis respectivo. Pero este proceso puede ser dividido en tres partes, la primera; la captura de estos datos, ya sea temperatura, imágenes, partículas atómicas, etc, la segunda, la descarga de esa información y la manera en que se logra traer esos datos a la tierra. Esta segunda fase es el tema central de este articulo, ya que dependiendo del tipo de dato que se interese descargar es necesario hacer cambios en los equipos de transmisión, modificar frecuencias, antenas, protocolos y demás variables tratadas en este documento y por ultimo la tercera fase que consiste en darle un sentido a estos datos, analizarlo y encontrarles una aplicación o uso en la sociedad.

**Palabras Claves:** Imagenes, Satelites Artificiales, Telemetria, Audio.

## **1. INTRODUCTION**

La idea de conocer más sobre el espacio y como es la tierra vista desde este, género en el hombre una gran cantidad de incógnitas y una sed de conocimiento que lo fueron llevando a grandes desarrollos en el campo espacial. Pero para entender las comunicaciones satelitales actuales es necesario devolvemos unos años más, precisamente al año de 1945 cuando el secretario de la Sociedad Interplanetaria Británica, Arthur C. Clarke público un artículo en el cual decía que era posible transmitir señales de radio y televisión de manera transatlántica de forma inalámbrica, es decir sin utilizar cables coaxiales, y así nace la primer idea de un satélite, este debería alcanzar unos 36000 Km de altura sobre la superficie terrestre y giraría alrededor de la tierra cada 24 horas, el artículo es muy explícito al decir de manera coherente que era posible cubrir toda la tierra con tan solo 3

satélites que se ubicarían a la misma altura alrededor del planeta y de manera equidistante sobre la línea del ecuador, este debería ser alimentado por la energía solar, pero trajo consigo una gran cantidad de burlas en la época por que se pensaba que eso era imposible, solamente una organización pensó que esto era posible, dicha organización fue la marina de los Estados Unidos que utilizó a la luna como reflector de señales para comunicar a Washington con Hawái . A partir de este experimento que fue satisfactorio se inició una carrera por el desarrollo de la tecnología espacial. Pero solo en la guerra fría se logra un gran desarrollo con los lanzamientos de los cohetes V2 y Aerobee que logran alcanzar hasta 200 km de altura y permiten la investigación de la atmósfera terrestre, dejando de un lado a los antiguos globos que solo llegaban a una altura de 30 km.

Para el año de 1957 aparece el primer satélite artificial, este logra dividir la historia de la tecnología espacial en dos. Llamado Sputnik 1 creado por la Unión Soviética y lanzado el 4 de octubre de ese año, este equipo logra transmitir ondas de radio en forma de pitidos, lo que demostró el éxito de la misión. Ya para los años 60's aparece el primer satélite comercial creado por los Estados Unidos llamado Echo I, este equipo del tipo pasivo se lanzó al espacio con la idea de que al igual que con el experimento de la luna reflejara las señales para comunicar grandes distancias, sirvió principalmente para el diseño de estaciones terrenas y probar equipos que serían utilizados algún tiempo después.

En el año de 1962 Estados Unidos lanza el primer satélite comercial de comunicaciones de estado activo, el TelStar I como lo llamaron, fue diseñado para transmitir señales de televisión, teléfono y datos a una alta velocidad, logrando así la primer transmisión en tiempo real entre dos continentes comunicando la Andover Earth Station en los Estados Unidos con el Pleumeur-Bodou Telecom Center en Europa, esta transmisión ocurrió el 12 de julio mostrando imágenes de la estatua de la Libertad y la torre Eiffel durando aproximadamente 20 minutos, este se puede decir fue el inicio de una serie de proyectos que al día de hoy ya en un punto de evolución muy alto nos permiten tener comunicaciones instantáneas vía satelital, GPS, imágenes en tiempo real de la temperatura del planeta, etc.

Adelantando unos años en la historia llegamos al desarrollo de los CubeSat, estos dispositivos son satélites de pequeñas dimensiones creados principalmente para la investigación y que orbitan una órbita leo o sea aproximadamente a unos 800 km de altura. La mayor parte de este desarrollo es generado por la academia, dichas instituciones vieron en este diseño la posibilidad de entrar al grandioso campo de la tecnología satelital, con equipos de no muy alto costo comparado con los grandes satélites que orbitan la tierra. Por esto en el año de 1999 the California Polytechnic State University (Cal Poly) y la Stanford University crearon unos lineamientos y especificaciones donde aclaraban como debería ser el desarrollo de un cubesat para poder así ayudar a las universidades de cualquier lugar del mundo que quisieran iniciar este tipo de proyectos investigativos, de esta forma nacen los primeros proyectos de desarrollo de cubesat, la idea principal de estas misiones no era muy diferente a las ideas de los primeros satélites por allá en los años 50, lo primero era probar si los componentes soportaban estar en un espacio hostil lleno de cambios de temperatura muy bruscos y siendo afectados por la radiación del espacio, además de poder enviar pequeñas comunicaciones a la tierra informando de su estado y algunas señales de audio como saludo a las demás estaciones que quisieran escucharlo, estos enlaces de comunicaciones se hicieron utilizando las bandas de radioaficionados que son bandas de frecuencia utilizadas para la investigación, específicamente las bandas VHF entre los 130 Mhz y los 145 Mhz y UHF entre los 430 Mhz y los 445 Mhz, por estos canales de comunicación que después se adoptaron para todos los cubesat se enviaron tramas de telemetría que son pequeños paquetes de información que se generan en la CPU del cubesat los cuales contienen información detallada de los equipos que componen el satélite, se envía información del estado de las baterías, los niveles de temperatura de todos los componentes y alguna información de más que el grupo de diseño quiera obtener, también se envían los archivos de audio que son conocidos como beacon, pequeños sonidos en clave morse generalmente que traen un pequeño saludo e información de la entidad que creó el objeto con la fecha de lanzamiento.

Pero antes de poner un cubesat en órbita es necesario crear una estación terrena con los equipos necesarios para la comunicación con el satélite, pero ¿qué es una estación terrena?, ¿qué equipos debe tener una estación terrena?,

respondiendo en el mismo orden de formulación, una estación terrena es un conjunto de equipos de radio, antenas y computadores que se utilizan con el fin de establecer comunicación con los cubesat o satélites que orbiten alrededor de la tierra, estos radios deben operar en diferentes frecuencias (las mismas de los cubesat), es recomendable utilizar filtros y amplificadores para recuperar la señal teniendo en cuenta que son señales que se transmiten a más de 600 Km de distancia a través de la atmosfera terrestre, lo que genera una pérdida de información además de verse afectada por el efecto Doppler específicamente por el corrimiento de frecuencia ya que la velocidad del emisor (cubesat) y del observador (estación terrena) son pequeñas en comparación de la velocidad de la onda en el medio y lo que realmente importa es el corrimiento de frecuencia que es la diferencia entre la frecuencia que el receptor mide y la frecuencia que el cubesat emite:

$$\Delta f = f' - f$$

Esta es la formula general del corrimiento de frecuencia pero en nuestro caso es algo diferente ya que tanto el emisor está en movimiento por su órbita, la estación terrena se mueve ya que el planeta gira, así que la fórmula que se aplica en este caso es la del movimiento de los dos entes que actúan:

$$\Delta f = \frac{c - v_o}{c - v_s} f - f = \frac{v_s - v_o}{c - v_o} f$$

Estas recomendaciones son muy importantes a la hora de decidir que filtros se van a utilizar, pero como estos equipos se hacen en las academias ha crecido una fuerte tendencia de aplicar filtros digitales que salen a costo 0, con el desarrollo de grandes plataformas como por ejemplo MatLab, se han creado filtros digitales con resultados impresionantes, recuperando el nivel de las señales a puntos muy altos, esto poco a poco se ha vuelto una investigación ya que es muy rentable y produce buenos resultados.

Después de tener los equipos en tierra listos (figura 1) y funcionando pasamos a los radios y transmisores del cubesat, estas antenas dependen de la funcionalidad del cubesat, pero en general todos utilizan antenas VHF y UHF para telemetría y beacons, estos últimos se definen en qué modo de transmisión se harán generalmente es en cw, se sabe que existen diferentes modos de transmisión, aquí nombraremos los más utilizados en los cubesat:

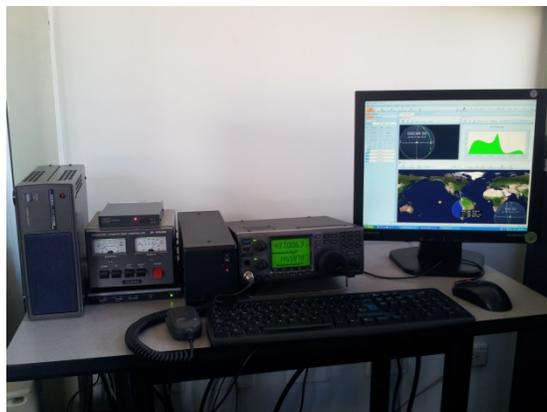


Figura 1: Estación terrena Universidad Sergio Arboleda

**Cw (Continue Wave):** u onda continua es la transmisión de código morse mediante señales de sonido, básicamente se transmite la señal de radio sin modular pero siendo interrumpida por el emisor consta de un lenguaje de puntos y rayas que son el significado del alfabeto, es muy utilizado porque ocupa muy poco ancho de banda y tal vez lo mejor de esta transmisión es su altísima relación señal a ruido, lo que le permite la

comunicación a largas distancias sin importar mucho si el medio es muy inestable. Es el modo más utilizado en los satélites para la transmisión de beacon.

**Fm (Frequency Modulation):** Tal vez uno de los modos de transmisión más comerciales que existen al día de hoy, ya que casi toda la radio se transmite por este modo, funciona básicamente como una señal que transmite su información a partir de la variación de su frecuencia, son pocos los cubesat que manejen este tipo de transmisión.

Ya teniendo claro cómo funciona la primera parte de los datos, los beacons, procedemos a la explicación de la telemetría, como ya se mencionó en este artículo la telemetría es un paquete de información por el cual se pretende obtener toda la información posible sobre el estado del cubesat, en estos paquetes se anexan datos como, el estado de baterías, las diferentes temperaturas en los sistemas que lo componen, los niveles de voltaje y corriente de los componentes. Pero al igual que los beacons debe existir algún modo o protocolo para dicha transmisión, este protocolo es conocido como AX-25, este funciona a través de paquetes llamados frames y fue creado por los operadores radioaficionados para transmitir paquetes de datos. Para un mejor entendimiento es posible decir que AX-25 trabaja en las 3 primeras capas del modelo OSI. Sus frames cuentan con pequeños grupos de datos llamados campos, en el cual cada campo tiene una función vital en la transmisión, por ejemplo, cuenta con un campo llamado bandera que se encuentra al principio y final de cada frame y su función es la de delimitar, otro campo fundamental es el de información que puede alcanzar una longitud de hasta 256 octetos, en esta posición es donde se ubicar los datos de telemetría, ¿pero para que sirven estos datos?, sencillo, estos datos nos pueden decir cómo se encuentra nuestro equipo en el espacio, si al lanzarlo tuvo algún daño o algún sistema no está funcionando de la manera correcta o si tal vez las baterías están por descargarse, todo esto es visible a través de los datos en tierra, que servirá para el siguiente desarrollo de futuros cubesat.

Tiempo después del gran avance de los cubesat, aparece una nueva función para ellos, la toma de imágenes a partir de cámaras especializadas y diseñadas para estar en estos equipos, pero al igual nace un nuevo problema, una imagen por baja resolución que tenga pesa más que un frame de telemetría, entonces los equipos que se tenían de VHF y UHF no soportarían la descarga de una imagen desde el espacio, a partir de eso se decide trabajar en otra frecuencia que nos permita obtener un mayor ancho de banda, así que se utilizan equipos en frecuencias de banda S, específicamente en la frecuencia de 2.4 Ghz, esta nos permite un ancho de banda suficiente para descargar cierto tipo de información del espacio que era complicado antes, pero esto obligo a cambiar los radios por equipos que soporten esta frecuencia y cambiar las antenas, ya que las anteriores que eran de otras bandas tampoco alcanzaban el nivel deseado. Trabajar a esta frecuencia obligaba a tener antenas direccionales, es decir que su haz de escucha no fuera tan abierto como por ejemplo una antena yagi (figura 2) si no que a diferencia tenía que ser muy direccional, un ejemplo para entender esto es haciendo una analogía, las antenas yagi pueden ser una linterna y su haz de escucha es el campo que ilumina un sector, pero la antena banda S es un láser, su iluminación es por un canal muy delimitado pero es directo, así funcionan las antenas, y la que mejor se adaptó a esta necesidad fue la antena de plato (figura 3), que maneja perfectamente la frecuencia necesaria.

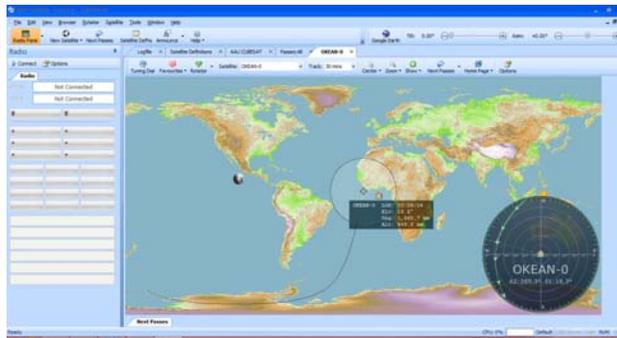


Figura 2: Antena Yagi



**Figura 3: Antena de plato**

Después de tener ya todos los equipos listos y sincronizados se puede empezar la descarga de información, esto se logra con la ayuda de un pc que se conectara a las interfaces del radio para tener una mejor herramienta de control, ayudado de ciertos software de seguimiento de satélites o cubesats como por ejemplo Ham Radio Deluxe (figura 4) u Orbitron que son aplicativos de software libre diseñados por radioaficionados.



**Figura 4: Ham Radio Deluxe**

después se selecciona en una lista cual es el equipo del cual se recibirá la información, se cuadrara el radio en las frecuencias y modos de transmisión que el cubesat utiliza (esto se puede ver en la página de amsat o en la página del proyecto), y si se cuenta con un rotor para el sistema de antenas se le programara un seguimiento a dicho equipo, como se explicó anteriormente solo se descargara información por el haz de escucha de la antena, así que también de eso depende el tiempo de descarga, luego de generar ese canal de descarga empieza una transmisión desde el satélite a la tierra, principalmente como sonidos que por medio de software de decodificación se logra obtener el mensaje original de la señal, pero ¿para qué sirve esto?, las aplicaciones son muchísimas, desde probar nuevos materiales y observar su comportamiento a grandes temperaturas y cambios bruscos de ambiente hasta las fotografías descargadas por la banda s, que dependiendo de la cámara del cubesat se pueden estudiar desde fenómenos atmosféricos hasta posibles derrumbes, control forestal, inundaciones y muchas variables más.

## REFERENCES

- Raymon A Serway. (2001). “Electricidad y Magnetismo” 3<sup>rd</sup> edición, McGraw-Hill .
- Aguilar R, Dominguez A, Raposo R, Guevara J. (2003-2004). “Aplicación de imágenes satelitales para determinar el clima y la radiación solar en el estado de Puebla”, Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Zavala O., Patricio Zavala A., Carlos. (2006). “Uso de imágenes satelitales de alta resolución para generar cartografía”, Universidad de Tarapaca, Chile.
- Washington University. (2009), Rapid Terrestrial Imaging CubeSat Constellation .  
[http://www.agi.com/downloads/partners/edu/UW\\_PDR\\_2009\\_paper.pdf](http://www.agi.com/downloads/partners/edu/UW_PDR_2009_paper.pdf), 06/12/2009. (03/02/2013)

### *Authorization and Disclaimer*

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*