

**II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL
"II CCI UCLV 2019"**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

II CONVENCIÓN
CIENTÍFICA
INTERNACIONAL
**2019
UCLV**

**II Conferencia Internacional de Procesamiento de la Información
"CIPI2019"**

**TENDENCIAS ACTUALES DE LAS COMUNICACIONES
SATELITALES Y SU IMPORTANCIA EN LA 5G**

Title

***CURRENT TENDENCIES IN SATELLITE COMMUNICATIONS AND
THEIR ROLE IN 5G***

Jesús Franciel Artiles Brito. CIT Jaruco (Estación Terrena Caribe), División de
Servicios Internacionales (DVSI), ETECSA, Cuba. jesus.artiles@etecsa.cu,
fartilesb@gmail.com

Resumen

Uno de los mayores retos tecnológicos de los últimos años, es la implementación de redes de 5ta Generación de telefonía móvil (5G). Actualmente en Cuba, se están implementando redes 3G y de esta manera se está preparando para el salto hacia la tecnología LTE (Evolución a Largo Plazo). No obstante, el inminente desarrollo de la 5G en el mundo, hace necesario la revisión de aspectos como qué tecnología emplear para sustentar los complejos requisitos de estas redes.

En la actualidad, las comunicaciones satelitales han experimentado avances importantes que según expertos pueden ser de vital importancia para suplir ciertos requisitos de la 5G.

En este trabajo se exponen algunas de las tendencias actuales de las comunicaciones satelitales y su rol en la 5G, así como se realiza una propuesta de red basada en satélite para la infraestructura de red de telecomunicaciones de Cuba.

Abstract

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



One of the biggest technological challenges of recent years is the implementation of 5th generation of mobile telephony (5G) networks. Currently in Cuba, ETECSA is developing 3G networks and in this way is preparing for the technological jump to LTE Advanced technology. However, the imminent need for 5G in the world makes it necessary for our country to prepare aspects such as what technology to use to support the complex requirements of these networks.

Currently, satellite communications have experienced important advances that according to experts may be of vital importance to support requirements of the 5G.

This paper exposes some of the current tendencies in satellite communications and their role in 5G mobile networks, as well as a proposed satellite-based network for the infrastructure of ETECSA.

Palabras Clave: 5G; Codificación y Modulación Adaptativa (ACM); Satélites HTS; órbitas no-GEO; Banda Ka.

Keywords: 5G; Adaptive Coding and Modulation (ACM); HTS satellites; No-GEO orbits, Ka band.

1. INTRODUCCIÓN

Con el avance de la tecnología, en este año existen 2480.4 millones de usuarios que tienen un teléfono inteligente con posibilidad de conectarse a Internet a través de la red de telefonía móvil [1] y se prevé que continúe aumentando. Además, es una realidad la aparición del Internet de las cosas (IoT), por lo que en un futuro no muy lejano existirán muchos más dispositivos compartiendo una misma conexión inalámbrica, lo que requerirá conexiones de mayores velocidades y los usuarios exigirán una calidad de experiencia (QoE) superior.

Debido a lo anterior, los sistemas de comunicaciones móviles han tenido que desarrollarse cada vez más rápido, de tal forma que hoy día ya existen ciudades que están listas para certificar su red 5G. Este último estándar de telefonía móvil es la respuesta a la circunstancia planteada anteriormente, soportando velocidades mayores que el estándar antecesor, la 4^{ta} Generación (4G), mayor eficiencia espectral a nivel de sistema, mejor

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

II CONVENCION
CIENTIFICA
INTERNACIONAL
**2019
UCLV**

cobertura, bajos consumos de batería, bajos costos en el despliegue de infraestructuras, entre otros. [2]

Como una de las bases fundamentales de la 5G, están las redes satelitales [3], las cuales han tenido un notable desarrollo en los últimos años con el surgimiento de los satélites de alta eficiencia de transferencia (HTS), el empleo por parte de estos de las órbitas no geoestacionarias y además, del surgimiento del estándar de transmisión vía satélite segunda generación extensión (DVB-S2x) que tiene relevancia específicamente en aplicaciones que emplean video tales como redes sociales, video conferencias, televisión en ultra alta definición (UHD TV), etc.

Este trabajo se plantea hacer un resumen de los requisitos necesarios de la 5G y realizar un estudio de cómo las comunicaciones satelitales podrían favorecer una futura implementación de 5G en Cuba, y por último se propone una red basada en satélites tanto geoestacionarios como no geoestacionarios para la red de ETECSA que favorezca el cumplimiento de los requisitos de la 5G.

2. ALGUNOS REQUISITOS NECESARIOS PARA CONSIDERAR UNA RED 5G

La recomendación IMT (Telecomunicaciones Móviles Internacionales) 2020, de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) especifica las necesidades de las redes de telecomunicaciones en el año 2020, tanto de la infraestructura como de la percepción del usuario final.

Las características que debe presentar una red 5G/IMT2020 según [4] son:

- Debe soportar diversidad de servicios y variedad de tráfico, distintos requerimientos de Calidad de servicio (QoS), movilidad y servicio ininterrumpido, etc.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

II CONVENCION
CIENTIFICA
INTERNACIONAL
**2019
UCLV**

- La red debe ser flexible, auto-recuperable y escalable. Para ello se recomienda el empleo de dispositivos programables y virtualizados (red basada en Redes definidas por software (SDN), y Virtualización de las funciones de la red (NFV))
- El núcleo de la red debe soportar mecanismos de control común, la nueva Tecnología de Acceso de Radio (RAT) de la IMT 2020, tecnologías de banda ancha WLAN, redes de satélites fijas y móviles, etc.
- El núcleo de la red debe soportar también acceso eficiente y capacidad de gestión para varios tipos de dispositivos inteligentes (IoT).
- La red debe ser lo suficientemente flexible al nivel de soportar explosivos incrementos de tráfico proveniente de múltiples dispositivos que soporten servicios de banda ancha tales UHD TV, realidad aumentada, video conferencias, tratamientos médicos remotos, etc.
- Separación del plano de control y de dato con el fin de tener una red flexible y escalable.

3. RAZONES QUE VALIDAN AL SATÉLITE COMO UN ELEMENTO FUNDAMENTAL PARA CUMPLIR LOS REQUISITOS ANTERIORES

3.1 Ventajas de los satélites de comunicación

Los satélites se mantienen como la mejor alternativa para llevar conectividad a las zonas de difícil cobertura mediante conexiones terrestres y brindar servicios a vehículos en movimiento. Posibilitan también la fácil difusión de múltiples señales de manera confiable y generan conectividad de forma óptima, aprovechando con eficacia el ancho de banda.

Además poseen la capacidad de conectar múltiples dispositivos, característica indispensable para el IoT; así como sería un respaldo a los servicios y al aseguramiento de su continuidad.

¿Cuál es la principal desventaja de los satélites de comunicaciones convencionales?

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

II CONVENCION
CIENTIFICA
INTERNACIONAL
**2019
UCLV**

Debido a que el satélite es un dispositivo que se encuentra a gran altura, la distancia que tiene que recorrer la señal para llegar a su destino, impide que este sea una opción a considerar en aplicaciones de videoconferencias en tiempo real o en otras que requieran elevadas velocidades.

En los siguientes epígrafes se abordan las últimas tendencias de las comunicaciones satelitales que erradican esta desventaja.

3.2 Tendencias actuales de las comunicaciones satelitales

3.2.1 Modulación y Codificación Adaptativa

Uno de los inconvenientes que afecta los enlaces satelitales es el desvanecimiento de la señal causado por la lluvia. Para mitigar esto, el estándar de transmisión de televisión digital vía satélite en su 2da generación (DVB-S2) incluye una técnica denominada Modulación y codificación adaptativa (ACM), la cual permite la modificación de los parámetros de modulación de una señal de satélite en el espacio libre, sin detener la transmisión ni perder los datos. [5]

Para poder emplear la técnica ACM es necesario diseñar el enlace satelital en una configuración que presente al menos una vía de retorno (figura 1). Esta configuración depende de la aplicación y puede ser tanto en enlaces punto a punto o punto a multipunto y la vía de retorno puede ser dentro o fuera de banda (in-band o out-band).

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

II CONVENCION
CIENTIFICA
INTERNACIONAL
2019
UCLV

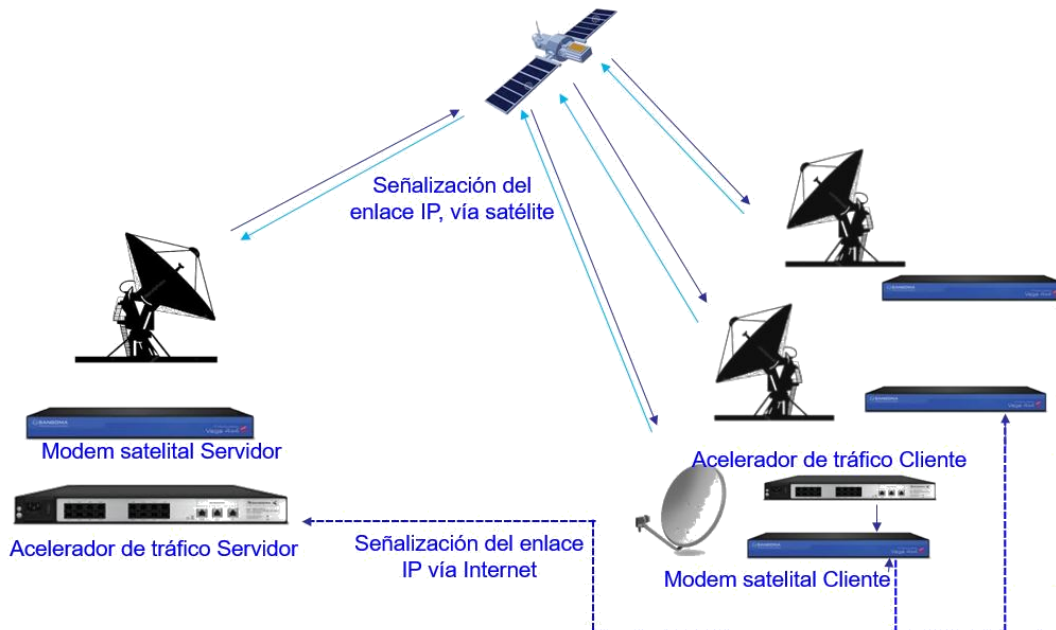


Figura 1: Configuración punto-multipunto y dos vías de retorno de ACM.

Para lograr la calidad de enlace deseada, se combina, cada varios segundos, una medición de las condiciones de enlace instantáneas, con un sistema que ajusta los parámetros de codificación y modulación automáticamente, cuando se necesita.

ACM permite usar, en todo momento, el esquema de modulación y codificación (MODCOD) más alto posible y el nivel más bajo de la corrección de error. Cuando las condiciones del enlace empeoran, fundamentalmente debido al desvanecimiento por lluvia, el sistema cambia los parámetros automáticamente para evitar la pérdida de la recepción de la señal.

El empleo de ACM permite, principalmente, soportar la mayor velocidad posible haciendo uso mínimo del ancho de banda durante la mayor parte del tiempo y reducir la velocidad a los sitios que presentan desvanecimiento durante las condiciones de fuertes lluvias. Esto permite una mayor conectividad por parte de los usuarios y a la vez tener una mayor disponibilidad del enlace, aspectos primordiales en 5G.

3.2.2 Estándar DVB-S2x

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

II CONVENCION
CIENTIFICA
INTERNACIONAL
2019
UCLV

El estándar DVB-S2x incluye nuevas facilidades con respecto a su antecesor (DVB-S2), como son una combinación de menores factores de roll-offs o caída del filtro que determina el ancho de banda (5%, 10%, 15%) e introduce tecnologías de filtrado avanzadas para permitir un espacio de portadora óptimo. Comparado con el DVB-S2, la combinación de estas facilidades aporta una mejora en eficiencia de hasta un 15% [5].

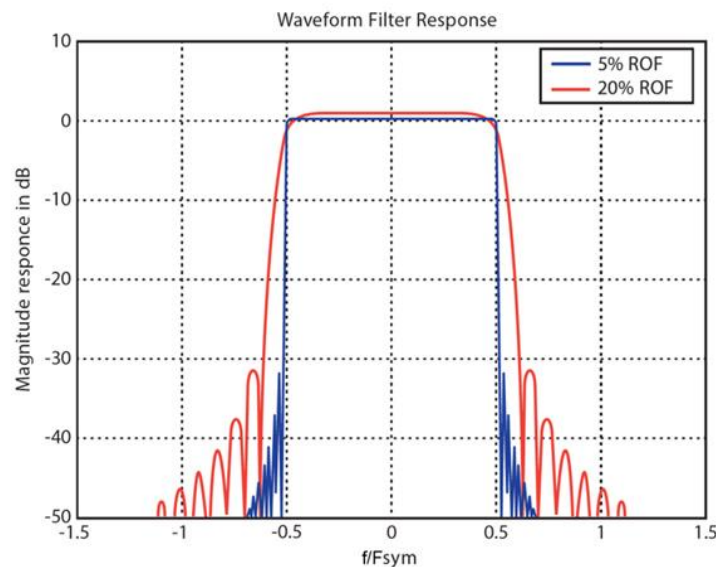


Figura 2: Comparación de portadoras con factores de Roll-off de 5% y 20% [5].

El DVB-S2x incrementa los MODCOD y las opciones en los códigos de corrección de errores hacia delante (FEC) en comparación con el DVB-S2. De esta forma se consigue la máxima resolución con una modulación óptima en todas las circunstancias, introduciendo una granularidad que se va incrementando. Esto permite optimizar el enlace satelital dependiendo de la aplicación.

Se puede conseguir la máxima eficiencia del enlace en combinación con ACM, donde el MODCOD más elevado se selecciona automáticamente. La cantidad de MODCODs ha crecido de 28 en DVB-S2 a 116 en DVB-S2x, proporcionando eficiencia tan cerca como es posible del límite teórico del teorema de Shannon-Hartley (Figura 3).

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

II CONVENCION
CIENTIFICA
INTERNACIONAL
2019
UCLV

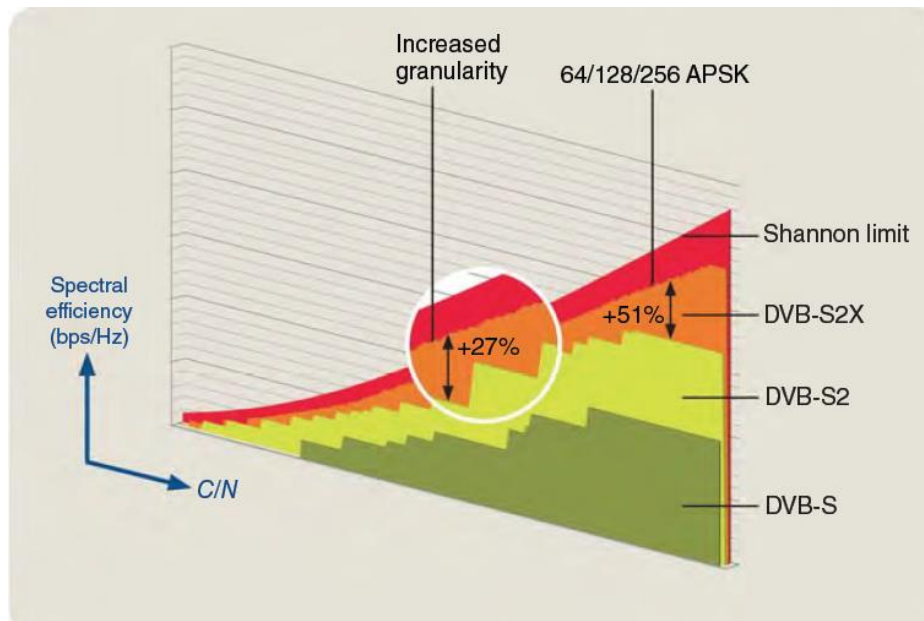


Figura 3: DVB-S2x comparado con DVB-S2 con MODCODs 64/128/256 APSK [5]

El uso de todas las facilidades que introduce DVB-S2x permite a los enlaces satelitales contar con portadoras que aprovechen más el espectro, o sea, permite subir al satélite mayor cantidad de información en un mismo ancho de banda, lo que se aprovecha significativamente en 5G.

3.2.3 Satélites HTS (*High Throughput Satellite*)

Un satélite HTS se puede definir como un sistema que utiliza una gran cantidad de haces puntuales confinados geográficamente, distribuidos en un área de servicio específica, que ofrecen un recubrimiento contiguo (o no contiguo) del área de cobertura y que proporcionan una alta capacidad del sistema y rendimiento del terminal de usuario a un costo neto más bajo por bit. [5] Estos satélites poseen hasta 12 antenas auto-orientables, cada una de ellas con múltiples alimentadores que permiten transmitir o recibir una señal por cada uno de estos simultáneamente.

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

II CONVENCION
CIENTIFICA
INTERNACIONAL
2019
UCLV



Figura 4: Antena con múltiples alimentadores

Todo esto permite aumentar considerablemente el ancho de banda del satélite y a la vez concentrar la energía en pequeñas zonas de cobertura como muestra la figura 5, posibilitando que disminuya el tamaño de la antena de la estación terrena.



Figura 5: Huella satelital de un satélite HTS

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.

II CONVENCION
CIENTIFICA
INTERNACIONAL
2019
UCLV

Para aumentar la capacidad de la red, los satélites HTS implementan la técnica de Reutilización de frecuencia o Colores de frecuencia. Los múltiples haces de los HTS emplean la reutilización de frecuencia, de forma similar a como lo hacen las pequeñas celdas de la telefonía celular, los cuales pueden ser organizados como un panel para proveer cobertura en la región de servicio. En cada haz puede ser implementada dicha técnica entre haces vecinos combinada con la polarización ortogonal en cada haz, aumentando de esta manera la capacidad del sistema. Es muy común además el procesamiento a bordo y luego la conmutación de haz en estos satélites, lo cual permite un aprovechamiento mejor del ancho de banda y se ajusta más al cliente que recibe.

Los satélites HTS se pueden configurar empleando tres tipos de arquitecturas (figura 6): malla, estrella y lazo, las cuales dependen de la aplicación en que se emplea cada una.

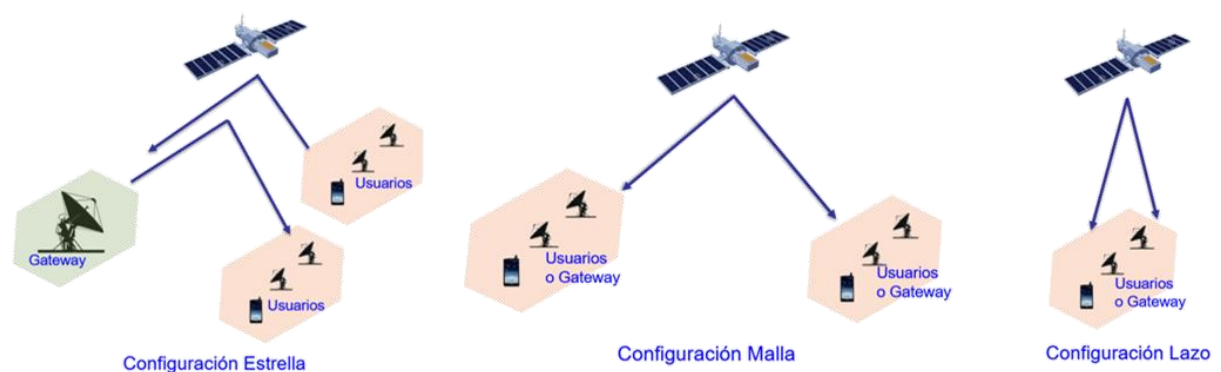


Figura 6: Arquitecturas de red de los satélites HTS

3.2.3.1 Nuevas órbitas y bandas de frecuencias para las comunicaciones satelitales

Los satélites HTS introducen dos nuevas tendencias en las telecomunicaciones: el empleo de las órbitas de media (MEO) y baja altura (LEO) para comunicaciones de alta velocidad y el uso de nuevas bandas de frecuencias.

Órbitas no GEO

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

II CONVENCION
CIENTIFICA
INTERNACIONAL
**2019
UCLV**

Los satélites tradicionales emplean para la comunicación con las estaciones terrenas la órbita geoestacionaria (GEO), a pesar de las desventajas que esta presenta, como es la gran latencia (500 ms debido a los 36000 km de altura).

Este retardo no permite que nuevas aplicaciones (videoconferencias, redes sociales y otras) que requieren altas velocidades funcionen correctamente. Para contrarrestar esto, varias compañías han empezado a lanzar satélites en órbitas MEO y LEO, debido a que la altura de estas (640-9600 km) es considerablemente menor que la GEO, aunque tiene como inconveniente la necesidad de poner en órbita una gran cantidad de satélites para dar cobertura total. Además es importante destacar que para poder establecer una disponibilidad cercana al 100 %, es necesario el empleo de dos estaciones terrenas como mínimo en el extremo del Gateway, debido a que las antenas no tienen visibilidad en todo momento con un mismo satélite por lo que otra antena debe estar enfocada a otro satélite cuando la primera pierda la visibilidad.

BANDA KA

Con el agotamiento del espectro en las bandas de frecuencias más empleadas para comunicaciones satelitales (bandas C y Ku), es necesario el uso de nuevas bandas de frecuencias. Los satélites HTS, empiezan a emplear la banda Ka (30 GHz enlace ascendente / 20 GHz enlace descendente) como una opción, teniendo en cuenta que al estar algunos en órbita media, la señal recorre una menor distancia, por lo que su atenuación en el espacio libre será menor. No obstante, las comunicaciones satelitales en banda Ka presentan la ventaja de poder transmitir datos con mayores velocidades, por lo que es una opción ideal para aplicaciones interactivas. Otra de las principales ventajas es que el tamaño de las antenas para transmitir y recibir estas altas frecuencias son menores, lo que abarata significativamente el costo de cualquier proyecto.

3.2.3.2 COMUNICACIONES INTERSATELITALES

Otra de las opciones de la nueva era satelital es que permite implementar redes intersatelitales; para que un satélite que brinda cobertura a un área determinada tenga conectividad con otra área distante se realiza la interconexión entre dos o varios satélites los cuales pueden ser no-GEO ó entre no-GEO y GEO. Para estos enlaces se emplean espacios de frecuencia especificados por la recomendación S.1591 de la UIT, estableciendo para ello las localizaciones 22.55-23.55 GHz, 24.45-24.75 GHz, 32.0-33.0 GHz y 59.3-71.0 GHz para enlaces entre satélites GEO y los espacios de frecuencia

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

II CONVENCIÓN
CIENTÍFICA
INTERNACIONAL
**2019
UCLV**

22.55-23.55 GHz, 24.45-24.75 GHz, 32.0-33.0 GHz y 59.3-71.0 GHz para satélites GEO con no-GEO.

3.2.3.3 VENTAJAS DE LOS SATÉLITES HTS

La aparición de los satélites HTS ha revolucionado el mercado de las comunicaciones satelitales, dándole una nueva oportunidad en la competencia que existe con la fibra óptica. Las ventajas que presentan los satélites convencionales (cobertura global, fácil despliegue de servicios, costo independiente de la distancia) junto a las características propias de los satélites HTS hacen que estos últimos tengan oportunidades en diferentes mercados.

Tabla 1: Aplicaciones de los satélites HTS

Aplicación	Descripción
Acceso a Internet	Proveer alta velocidad de Internet a usuarios estacionarios. Los haces de los satélites HTS en banda Ka pueden ofrecer servicios rentables de banda ancha a lugares de infraestructura subdesarrollada.
Movilidad	Proveer acceso a Internet a usuarios en movimiento, tanto a escenarios terrestres (dispositivos con antenas móviles) como marítimos y aeronáuticos.
Sustento a redes 3G/4G	Proveer servicios troncales para extender la cobertura hacia áreas rurales y mercados emergentes.
Distribución de video	Servicios directo al hogar (DTH) en ciudades emergentes, especialmente en aquellas con pequeñas dimensiones o diferentes grupos étnicos.
Comunicaciones máquina a máquina (M2M)	Proveer cobertura global al tráfico M2M, tal como telemetría, sensores, IoT, vehículos aéreos no tripulados, etc.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



La tabla 1 muestra las diferentes aplicaciones de los HTS, añadiéndole a esta que en la actualidad, varios artículos científicos proponen a los satélites como una fuerte base al sustento de la 5G. [3], [6], [7], [8]

4. VENTAJAS QUE APORTARÍAN LOS SATÉLITES HTS A LAS REDES 5G

- Cobertura: los satélites continúan siendo el medio más efectivo para lograr llegar a áreas fuera de la cobertura terrestre así como a pasajeros en trenes, aeronaves y buques.
- Evolución: las redes Satelitales continúan evolucionando para mantenerse al día con respecto a las expectativas y demandas:
- Aumento de capacidad (throughput en Tbps), mayor potencia (~30 kW)
- Uso de frecuencias más altas (ej. Bandas Q/V) para enlaces de conexión a fin de dejar disponible el espectro más bajo para los enlaces de servicios.
- Reducción del costo por bit de comunicaciones de datos
- Zonas urbanas: muchos servicios se proporcionan de manera efectiva por los satélites también en las zonas urbanas, por ejemplo, radiodifusión, multicast, backhaul.
- Resiliencia: el incluir satélites como una parte integral del ecosistema 5G añade capacidad de recuperación
- Fiabilidad: las bandas de frecuencias más bajas (por ejemplo, banda L) son ideales para aplicaciones de alta fiabilidad, como los servicios de seguridad y emergencia

5. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED 5G HÍBRIDA

Las ventajas explicadas anteriormente y justificadas además con toda la bibliografía citada en este trabajo, hace que tenga sentido un futuro despliegue de una red satelital compuesta tanto por satélites HTS tanto GEO como MEO o LEO.

Los satélites GEO debido a su constante posición orbital serían indispensables para aplicaciones de radiodifusión de video, además de que se encargarían de brindar la cobertura hacia lugares más remotos. Por su parte los satélites de menor altura compartirían las aplicaciones de mayores velocidades, respaldando el servicio de otras tecnologías como las radio bases LTE-Advanced existentes, redes Wifi, redes alambradas, etc. Además permiten la futura incorporación a la red, de usuarios con teléfonos híbridos (celulares-satelitales) o exclusivamente satelitales.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

**II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL
“II CCI UCLV 2019”**

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**

II CONVENCION
CIENTIFICA
INTERNACIONAL
**2019
UCLV**

Este trabajo propone la implementación de una red satelital (figura 7) que coexista con las tecnologías mencionadas anteriormente, lo cual le brindaría la robustez y seguridad necesaria a la arquitectura de red existente y sería a la vez un eslabón fundamental en el futuro desarrollo de un sistema móvil 5G.

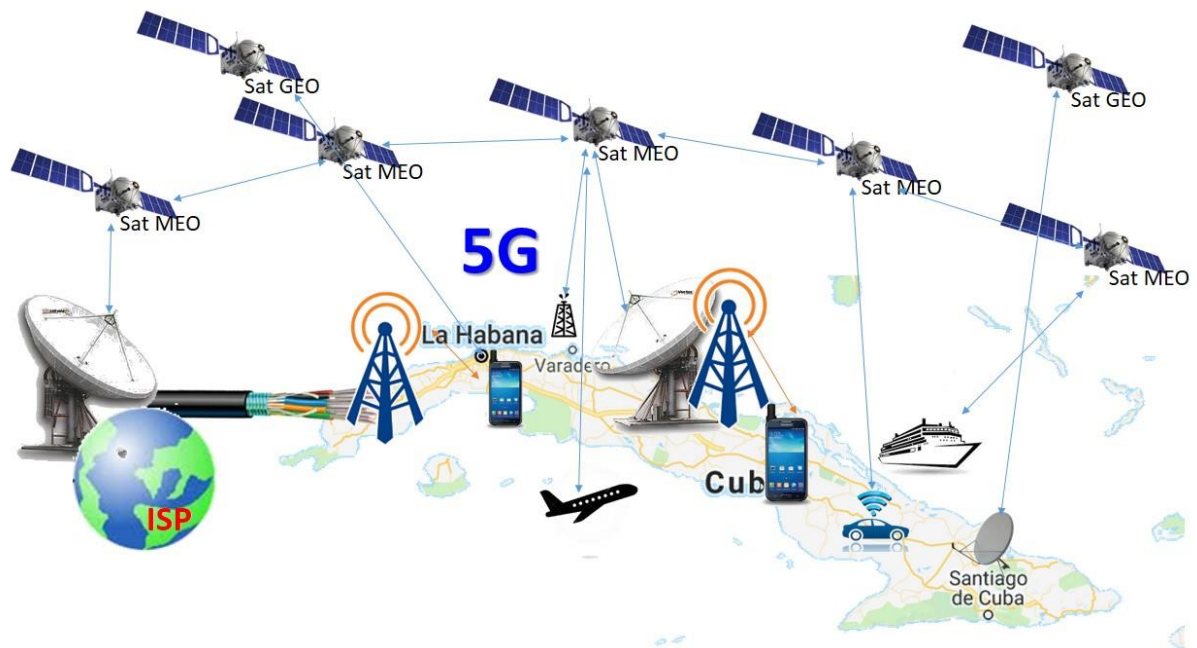


Figura 7: Propuesta de red 5G híbrida.

6. CONCLUSIONES

En esta investigación se realizó un estudio sobre las tendencias en la actualidad de las comunicaciones satelitales y las diversas facilidades que aportan estas redes a la 5G. Se mostró como una red que combine redes terrestres como radioenlaces, fibra óptica y enlaces satelitales puede facilitar el despliegue exitoso de 5G en Cuba. Para ello es indispensable que se apoye el mantenimiento y desarrollo de los telepuertos satelitales con que cuenta en el país, aprovechando las capacidades ya existentes para implementar nuevos servicios.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu

II CONVENCION CIENTIFICA INTERNACIONAL “II CCI UCLV 2019”

**DEL 23 AL 30 DE JUNIO DEL 2019.
CAYOS DE VILLA CLARA. CUBA.**



REFERENCIAS

1. STATISTA, 2018. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/636569/usuarios-de-telefonos-inteligentes-a-nivel-mundial--2019/>. [Último acceso: 9 julio 2018].
2. MARANTE, Francisco. “Más allá de LTE-A: 5G”, 2015.
3. EVANS, Barry. “The role of satellites in 5G”. *23rd European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, Niza, 2015.
4. “Requirements of IMT-2020 fixed mobile”, *ITU-T Rec. Y.3130*, enero 2018.
5. MINOLI, Daniel. “Innovations in Satellite Communications Technology”. *New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.*, 2015.
6. Kodheli O., Guidotti A., Vanelli-Coralli A. “Integration of Satellites in 5G through LEO Constellations”, diciembre 2017. [En línea]. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/1706.06013>.
7. FORRESTER Chris “SES beyond frontiers” SES, 19 junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.ses.com/press-release/ses-showcases-satellite-and-5g-integration-part-sat5g-consortium-live-demo>.
8. SHUANG X., XING-WEI W., MIN H. “Software-Defined Next-Generation Satellite Networks: Architecture, Challenges, and Solutions” *IEEE Access*, 2018.

Información de contacto
convencionuclv@uclv.cu
www.uclv.edu.cu