

# **Evolución del sistema satélite de la Unidad Militar de Emergencias.**

**Autor: González Cañas, Pedro José**

**Director/es: Nuñez Ortuño, José María.**

Contacto: [pedrojosegc@hotmail.com](mailto:pedrojosegc@hotmail.com) / [jnunez@cud.uvigo.es](mailto:jnunez@ cud.uvigo.es)

---

## **Resumen:**

La Unidad Militar de Emergencias (UME) es una unidad militar que por la naturaleza de sus misiones debe estar preparada para actuar en cualquier circunstancia imprevista. En cualquier situación, debe de mantener la operatividad, para ello, es imprescindible dar continuidad al Mando y Control. Para el apoyo del Mando y Control, es elemento básico contar con unos medios de telecomunicaciones e información que, al igual que la propia unidad, se mantengan operativos durante una emergencia.

El medio que puede aportar la suficiente autonomía a la unidad, para no depender del entorno y así, que no se vea afectado por las circunstancias, es el enlace satélite militar. Este tipo de enlace es un sistema robusto y con gran supervivencia. La UME cuenta con un segmento propio para su sistema satélite, dentro de la capacidad satélite gubernamental. La UME gestiona y administra su segmento de forma autónoma.

Este sistema, al igual que la unidad, se creó en el año 2006 y no ha evolucionado desde entonces, aunque se mantiene operativo y en servicio. Desde 2006 y hasta hoy en día, las necesidades de comunicaciones han crecido, aunque la capacidad del servicio sigue siendo la misma.

En esta época actual de recortes presupuestarios, se hace difícil la sustitución del sistema completo y, aún menos, la adaptación a otras bandas. Por este motivo se pretende estudiar una solución que aporte mayor capacidad al sistema, evolucionando solo algunas partes de este (modems), de tal forma que se obtenga mayor eficiencia del segmento satélite de la UME.

Este estudio es teórico y práctico, de donde se obtendrán unos resultados y unas conclusiones. Del resultado se determinará la conveniencia técnica de realizar la evolución y se propondrá un plan de actualización.

**Palabras clave:** UME, Satélite, Modems, MODCOD, Heights, Vipersat.

---

## **1. Introducción y objetivos**

### *1.1. Introducción*

Para su funcionamiento, la Unidad Militar de Emergencias (UME) cuenta con numerosas capacidades. Una de ellas es el mando y el control. Esta capacidad es similar al cerebro que controla todas las actividades de un cuerpo, siendo esencial para la correcta y oportuna coordinación de los esfuerzos, tareas y cometidos, que se realizan durante una operación.

El mando y control precisa, hoy en día, de un elemento de apoyo esencial: las comunicaciones.

Los sistemas y tecnologías de información y telecomunicaciones (CIS/TIC) proporcionan la capacidad de comunicación y enlace necesaria para dar continuidad al mando y control. Dentro de la multitud de medios CIS/TIC con los que cuenta la UME, uno de ellos es el sistema satélite asignado del Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite (SECOMSAT). La gran ventaja y principal cualidad de este sistema es su autonomía, en referencia a la soberanía que se tiene sobre el mismo.

### *1.2. Objetivos*

Este trabajo se basa en un objetivo principal y único: “analizar y valorar si los sistemas de modulación actuales posibilitan un incremento en la eficiencia que se puede obtener del sistema satélite de la UME, para aumentar su rendimiento sin la sustitución de la mayor parte del sistema”.

En la línea de acción a recorrer para alcanzar este objetivo principal, es necesario alcanzar unos objetivos secundarios. Entre estos objetivos se incluyen: conocer y entender el funcionamiento operativo de la UME y de su sistema satélite actual; estudios teóricos de las capacidades de modulación actuales; establecimiento de unas condiciones que indiquen la conveniencia de actualizar los módems de la UME; unas pruebas técnicas reales y el contraste de éstas con las condiciones establecidas previamente; y, por último, un plan de implantación de un nuevo sistema.

El nivel de autonomía de un sistema podría medirse dependiendo de cuantos y, en qué cantidad, de los siguientes elementos se encuentran bajo el control propio:

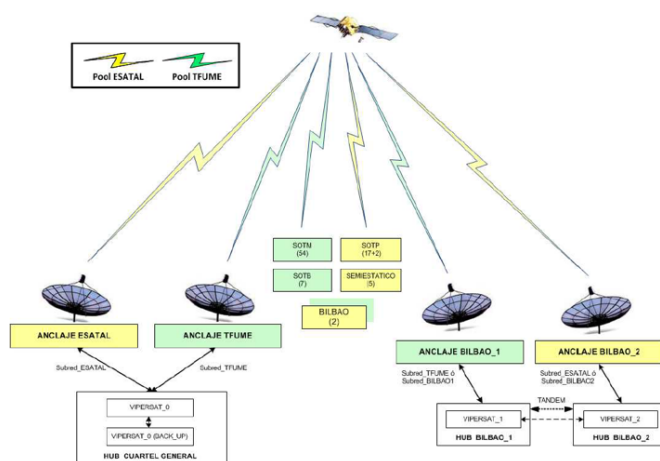
- 1) Equipos clientes que dan servicio al usuario y equipos de administración.
- 2) La red de comunicaciones que une los equipos de cliente y administración entre sí.
- 3) La energía que permite el funcionamiento de los equipos.

## **2. Desarrollo**

### *2.1 El sistema satélite de la UME*

El sistema satélite de la UME consta de un segmento espacial basado de la red SECOMSAT. A diferencia de otras unidades militares, que para hacer uso del SECOMSAT realizan una Solicitud de Acceso Satélite, la UME tiene asignado un ancho de banda de forma permanente, para ser gestionado de forma autónoma.

Por lo general, la UME no realiza sus enlaces sobre las estaciones de anclaje, sino contra un terminal fijo (TFUME) situado en la Base Aérea de Torrejón, en las instalaciones de la UME. También, como respaldo, pueden realizarse contra la EAN Torrejón, y contra dos estaciones móviles de alta capacidad, véase figura 1.



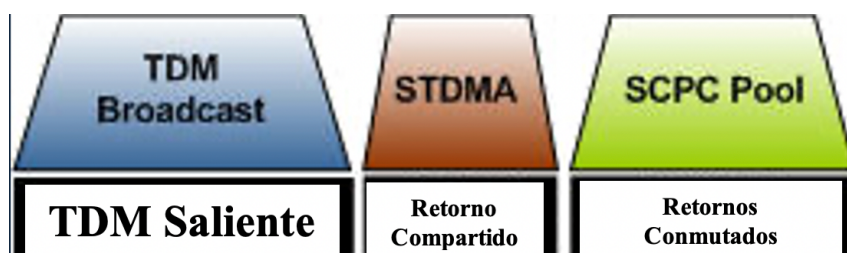
**Figura 1.** Arquitectura satelital de la UME (diagrama del 2007). Fuente: [1].

El sistema satelital de control dinámico satelital de la UME se denomina Vipersat. Toda la gestión de las comunicaciones satelitales depende del terminal de gestión y administración, de los modems CDM-570L y CDD-564L que equipan los terminales fijos y desplegables, y el software Vipersat Management System (VMS). Este software controla de manera global una red de comunicaciones satelital (espectro asignado a UME: 7 Mhz), optimizando dinámicamente el segmento espacial empleado.

La comunicación desde el terminal fijo de la UME, hasta los terminales remotos, consume un ancho de banda aproximado de 3,71 MHz. Este *outbound* se compone de cuatro portadoras:

- 1) Tres portadoras de 512 Kbps (QPSK de modulación) para las estaciones con antenas *on the move* y terminales ligeros.
- 2) Una portadora de 4096 Kbps (16-QAM de modulación) para las estaciones de antenas más grandes.

La comunicación desde los terminales desplegados hasta el terminal fijo consume aproximadamente 3,29 MHz, existiendo un solo TDM, véase la figura 2. Este *inbound* se basa en STDMA (*Selective Time Division Multiple Access*) con posibilidad de conmutar a *simple carrier per channel* (SCPC) de forma dinámica cuando un enlace lo necesita.



**Figura** ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.. Esquema del *outbound* y los *inbound* de Vipersat. Fuente: [1].

## 2.2 Evolución tecnológica

La evolución tecnológica actual, con respecto a la tecnología instalada con la creación de la UME, atiende a las siguientes características:

- 1) Empleo de un *outbound* único, gracias a tecnologías de adaptación específica a cada tipo de terminal remoto. Estas tecnologías aplican diferentes tipos de modulación y codificación (MODCOD) sobre la misma señal, para cada slot de tiempo de cada terminal, dependiendo de sus características.
- 2) Adaptación dinámica a la situación del enlace, para mantener un enlace estable y con la máxima eficiencia posible, adaptándose a las circunstancias externas.
- 3) Menores valores de Roll-off.
- 4) Mejores y más eficientes técnicas de modulación.
- 5) Sistemas de corrección de errores más eficientes.

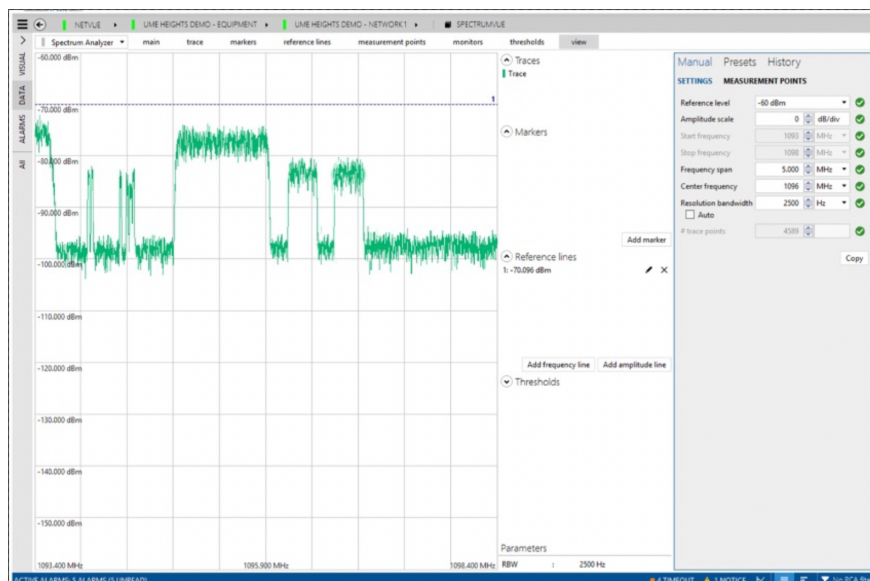
### 2.3 Condiciones

Las condiciones que, de alcanzarse, apoyarán la recomendación del cambio, son las siguientes:

- 1) Teniendo en cuenta que la mayor parte del sistema se mantiene, incluido el ancho de banda disponible, se obtiene un incremento sustancial de la tasa de datos resultante.
- 2) Disminución del número y tipo de equipos implicados en el funcionamiento, que simplifique la estructura y funcionamiento del sistema.
- 3) Mejora de las técnicas de corrección de errores, que disminuyan el tráfico redundante, aumentando, por tanto, la tasa de datos dedicada a carga útil.
- 4) Mayor aprovechamiento del ancho de banda útil, sin tener en cuenta la tasa de datos.
- 5) Número de estaciones remotas conectadas al sistema al mismo tiempo.

### 2.4 Pruebas

Para probar la compatibilidad de diferentes antenas sobre el mismo TDM, se realiza una prueba de comunicaciones con el Mérida Bravo (*on the move*) con 321KHz y el León Alfa (*on the pause*) empleando 315KHz. Véase espectro de la señal en figura 3.



**Figura** ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.. Representación espectral.

El León emplea un MODCOD de 32APSK 4/5 para el *outbound*, mientras el Mérida se mantiene con QPSK 2/3. Sin duda la mayor ganancia de la antena favorece la modulación y la codificación con la potencia existente.

La comunicación de recepción es adecuada en el *outbound* compartido si necesidad de contar con un TDM específico, lo cual evita la necesidad de *outbound* dedicados, como se hacía en Vipersat, que restan flexibilidad a la gestión del espectro disponible.

En el *inbound*, el León emplea un VersaFEC-2 de 32-ARY 0.733, mientras que el Mérida mantiene VersaFEC-2 de 32-ARY 0.635.

En cuanto a tasas de datos en descarga, el Mérida, con su antena *on The Move*, mantiene tasas entre los 512 y los 1000 Kbps de manera estable, mientras que el León alcanza los 1,4 Mbps. En emisión, el Mérida se mantiene en torno a 1 Mbps, y el León los supera, alcanzando en torno a los 1,2 Mbps.

### 3. Resultados y discusión

Una vez concluidas las pruebas, y analizando los datos obtenidos, se pueden concretar los siguientes resultados:

#### 3.1 Adaptación MODCOD

Se observa cómo se adapta el MODCOD al estado del enlace. Esto es beneficioso para mantener la estabilidad en los enlaces, y para sacar el máximo rendimiento cuando las circunstancias los permitan.

#### 3.2 Roll-off

En la representación espectral de Heights de la figura 4, se observan unas caídas de las portadoras bastante verticales. Esto es debido al roll-off reducido. Gracias a unos valores bajos de este factor hay más aprovechamiento del ancho de banda disponible. En el siguiente gráfico se pueden observar las diferentes caídas entre Vipersat y Heights.

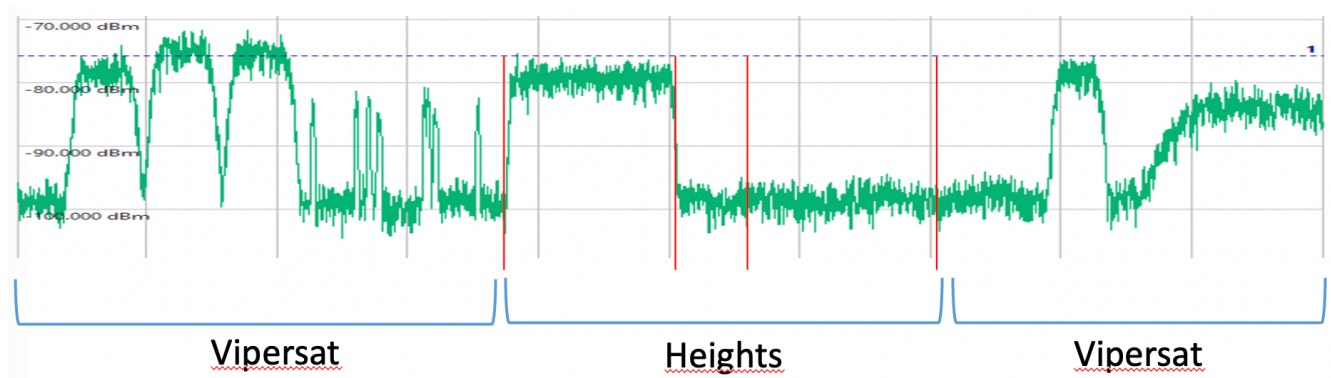


Figura 4. Diferencias en caídas de las portadoras.

En un ejemplo matemático, para un ancho de banda de 1 MHz, con un 35% de roll-off, tan solo nos quedarían 650 KHz para la transmisión de símbolos, por los 950 kHz que estarían disponibles con un factor del 5% para el mismo ancho de banda.

#### 3.3 Portadora única

Se ha comprobado en las pruebas como dos estaciones de transmisiones con equipos de comunicaciones satélite diferentes conviven en la misma portadora, con MODCOD diferentes. Así ha sido el caso del Mérida bravo y el León Alfa en las mismas circunstancias meteorológicas, cuando el Mérida trabajaba en QPSK  $\frac{3}{4}$  mientras que el León empleaba 32 APSK  $\frac{4}{5}$ .

### 3.4 Eficiencia del inbound

Las mejoras en modulación hacen que se haga un empleo más eficiente del ancho de banda dedicado al *inbound*. Gracias a este hecho, se consiguen tasas de tráfico mayores con menores anchos de banda aumentando la eficiencia del sistema, no siendo necesario tener ancho de banda reservado para enlaces SCPC.

Así resultó en las pruebas sobre el Mérida, donde, con los 321 KHz, se obtenían tráficos de más de 1 Mbps con VF2 32-ARY 0,635 frente a los 500 kbps obtenidos en 8PSK 3/4 en 384 KHz. Esto supone un 243% sobre vipersat para este ejemplo.

### 3.5 FEC

No se ha podido comprobar, durante la realización de estas pruebas, las mejoras técnicas de las nuevas tecnologías de FEC, que ayudarían a mejorar las correcciones de errores y disminuir el número de paquetes repetidos, así como el número de bits dedicados a corrección. Al reducirse la cantidad de información dedicada a corrección de errores y el número de mensajes repetidos, aumenta el número de símbolos dedicados a remitir información útil, aumentando la velocidad de transmisión.

### 3.6 Estabilidad

Con varios equipos remotos simultáneamente, el sistema se mantiene estable, soportando unos valores altos de transmisión que garantizan videoconferencias en buenas condiciones, mientras se envían datos o se realizan llamadas de VoIP al mismo tiempo.

### 3.7 Capacidad

Se ha podido observar claramente, con una de las estaciones empleadas en las pruebas de carga, que el valor de CIR puede ser superado si es preciso, siempre que se mantenga dentro del valor marcado como MIR.

También se ha podido establecer una tasa máxima teórica (no probada) en las circunstancias en las que se realizaron las pruebas, de 10 Mbps de bajada + 9 Mbps de subida. Estas tasas de tráfico en los 7 MHz suponen más de 3,2 bits por hercio.

## 4. Conclusiones

De las pruebas realizadas se han extraído unos resultados, que verifican que cuatro (4) de las cinco (5) condiciones se cumplen. A continuación, se recoge un extracto de los resultados.

### 4.1 Primera condición.

De los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas, en el caso de la antena *on the move*, se obtienen unas tasas de datos por hercio que son superadas por Vipersat en el *outbound*, aunque bastante igualadas; y favorables a Heights en el *inbound*, con amplia diferencia.

Este resultado desfavorable a Heights puede ser debido a las combinaciones MODCOD que el sistema selecciona para las antenas *on the move*, que es similar a la máxima modulación empleada por Vipersat. En las pruebas del León Alfa, con la antena *on the pause*, de mayor ganancia, si se llega a un MODCOD de 32 APSK 5/6, muy superior al 16 QAM que ofrece Vipersat como máximo en el *outbound*. En este caso, Heights supera en tasa de datos a Vipersat, tanto en bajada como en subida.

#### 4.2 Segunda condición.

Para poder dar respuesta a esta condición, ha sido necesario estimar cual sería la equipación necesaria para el sistema Heights a partir de los datos obtenidos de las pruebas.

Reduciendo la diferencia de equipamiento solo a los terminales centrales (TFUME y EAN Torrejón) y el respaldo de los Bilbao 001 y 002, ya que, en los terminales remotos, el número de módems es similar, se obtiene una cantidad de 67 equipos en Vipersat entre módems y demoduladores. En Heights, se obtiene una cantidad de tan solo 12 equipos. Además, con Heights no se precisa el empleo de la EAN Torrejón como respaldo.

#### 4.3 Tercera condición

Esta condición no ha podido ser comprobada durante las pruebas, ya que no se ha detectado ningún parámetro del sistema de gestión que aportara los datos adecuados para comprobar mejoras en este aspecto.

Por lo tanto, se considera que esta condición no puede ser concluida como superada, por falta de datos que la apoyen.

#### 4.4 Cuarta condición

Esta condición se refiere a los factores que de forma directa influyen en un mayor aprovechamiento del ancho de banda disponible: roll-off y modulación.

Con los factores de roll-off del 5% en Heights y del 35% en Vipersat:

- 1) Heights.  $7 \text{ MHz} \times 5\% = 0,350 \text{ MHz}$
- 2) Vipersat.  $7 \text{ MHz} \times 35\% = 2,450 \text{ MHz}$

Por lo tanto, el ancho de banda útil para transmisión es de 6,650 MHz en Heights frente a los 4,550 MHz de Vipersat.

La modulación, diferenciada entre bajada y subida:

- 1) Inbound. En Heights se pueden llegar a transmitir 5 bits/símbolo (VersaFEC 32 ARY), mientras que en Vipersat se alcanza un máximo de 4 bits/símbolo (16QAM).
- 2) Outbound. En Heights se pueden llegar a transmitir 5 bits/símbolo (32 APSK), mientras que en Vipersat se alcanza un máximo de 4 bits/símbolo (16QAM).

#### 4.5 Quinta condición

Se estudia cuantas estaciones pueden entrar en el *inbound* para 300 kbps, que se considera una cantidad media empleada en estas comunicaciones. Para esa tasa, se calcula su ancho de banda asociado, para posteriormente, comprobar que el hardware instalado soporta dicha cantidad. Este cálculo se hará de forma teórica, matemáticamente, una vez se ha visto en las pruebas que el sistema Heights soporta este tipo de transmisiones.

Para Vipersat tenemos un *inbound* de 3,71 MHz. Empleando 16 QAM, para conseguir una comunicación de 300 kbps se precisarían 75 KHz. Esta portadora, con un roll-off del 35% emplea 101,25 KHz. En los 3,71 MHz, supondrían 36 portadoras, que darían enlace a 36 terminales remotos.

Para Heights tenemos un *inbound* de 3,5 MHz. Empleando 32 ARY, para conseguir una comunicación de 300 kbps se precisarían 60 KHz. Esta portadora, con un roll-off del 5% emplea 63 KHz. En los 3,5 MHz, tendrían entrada 55 portadoras para 55 terminales remotos.

Con los módems 570L de Vipersat instalados en TFUME, EAN Torrejón y los Bilbaos, habría cabida para 50 terminales, sin tener en cuenta los demoduladores 564L. Con lo cual se podrían conectar los 36 terminales remotos para los que habría portadora.

Con los HRX de Heights, hay capacidad para 24 terminales remotos a un máximo de 5 mbps. En una propuesta de instalación adecuada a las necesidades operativas, se instalarían dos HRX, uno en TFUME y otro en el Bilbao 002. Por lo tanto, habría cabida para 48 terminales remotos de los 55 para los que habría portadora.

Aunque la propuesta de instalación de Heights es inferior a las capacidades resultantes, la capacidad de 48 terminales supera a los 36 terminales de Vipersat. Por lo tanto, esta condición se considera superada.

Además de los resultados relativos a las condiciones, se pueden extraer otras conclusiones a raíz de las pruebas realizadas:

- El empleo de un solo TDM en el *outbound*, aumenta la flexibilidad y simplifica la gestión de los terminales activos.
- El impacto sobre el sistema actual es mínimo, ya que solo debe sustituirse el subsistema de modulación.
- Con la simplificación de TDM de Heights, no se precisa el empleo de la EAN Torrejón como respaldo.
- Con las tasas de datos obtenidas en las pruebas, se comprueba que la probabilidad de necesitar enlaces SCPC en Heights es muy reducida.

## Referencias

- [1] Unidad Militar de Emergencias., *Arquitectura de Referencia de los CIS de la UME*, 2007.