



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



**Máster Universitario**  
en Tecnologías, Sistemas y  
Redes de Comunicaciones

# PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LTE EN SISTEMAS DE GESTIÓN DE EMERGENCIAS

*Autor:* Santiago Israel Logroño Naranjo

*Director:* Manuel Esteve Domingo

*Fecha de comienzo:* 6/04/2018

*Lugar de trabajo:* E.T.S.I. Telecomunicaciones



*Objetivos* — El objetivo principal de este trabajo es proponer una arquitectura de sistema Trunking para transmisión de audio, video y datos, basada en LTE, y aplicada a escenarios de mando y control de emergencias. Por consiguiente, se han definido los siguientes objetivos secundarios:

- Realizar una revisión del estado del arte correspondiente a tecnologías y soluciones disponibles para transmisión de audio, video y datos, mediante sistemas Trunking LTE.
- Seleccionar y definir los equipos que conformarían la red, destacando sus prestaciones y principales características técnicas.
- Definir una arquitectura de red adaptada a sistemas de emergencias, señalando los componentes y principales elementos de red.

*Metodología* — La metodología seguida en esta tesina se basó en primer lugar en la revisión del estado del arte correspondiente a los sistemas Trunking compatibles con la tecnología LTE. A continuación, se realizó una búsqueda en las páginas web de los fabricantes, sobre equipos y soluciones relacionadas a sistemas Trunking LTE. Se determinó que la compañía Huawei ofrece una amplia gama de equipos para sistemas Trunking LTE de banda ancha, tanto para el core, gestión y administración de red, así como equipos terminales. Por consiguiente, luego se realizó una revisión de los equipos y dispositivos a ser considerados en la topología de red. Se revisaron principalmente las características técnicas de los equipos correspondientes a estándares compatibles, frecuencias de operación, canalización, servicios que soportan y nivel de protección. Finalmente, se definió una arquitectura de red que se adapta a un escenario de situaciones de emergencia, en donde se considera un despliegue de una red temporal para dar atención y facilitar la gestión de la emergencia. Por lo tanto, el esquema de red comprende el puesto de mando avanzado, una estación base desplegable, y los equipos terminales de usuario. Además, el esquema de red incluye el uso de un Vehículo Aéreo no Tripulado, cuyo video en tiempo real es retransmitido por la red hasta el puesto de mando avanzado.

*Desarrollos teóricos realizados* — Se realiza una revisión de las arquitecturas de red existentes para sistemas Trunking basados en la tecnología LTE. A continuación, se tabulan y analizan las especificaciones técnicas de los equipos a utilizar, tomando en cuenta que puedan ser adaptados al escenario planteado. Finalmente, se plantea un esquema de red, donde se incluyen los equipos disponibles en el mercado.

*Desarrollo de prototipos y trabajo de laboratorio* — El presente trabajo no contempla el desarrollo de prototipos o trabajos de laboratorio.

*Resultados* — Como resultados del presente trabajo se obtuvo una propuesta de arquitectura de red para red Trunking basada en la tecnología LTE. La arquitectura de red propuesta ha sido diseñada considerando escenarios para mando y control de emergencias, en donde exista transmisión de servicios de voz, datos y video en tiempo real. Por lo tanto, puede ser adaptada a distintas aplicaciones, por ejemplo, control de incendios forestales, y en general, atención de catástrofes por desastres naturales. El esquema de red propuesto comprende 3 etapas. La primera corresponde al puesto de mando avanzado, desde donde se realiza la toma de decisiones y el control global de la situación. Además, desde el puesto de mando avanzado se posibilita la interconexión con enlaces satelitales, redes de telefonía pública, Internet, redes WiMAX, redes WiFi, etc. La segunda etapa corresponde a una estación base desplegable, la cual puede ser instalada rápidamente en áreas cercanas a la emergencia. La estación base desplegable mantiene conexión con el puesto de mando avanzado mediante un enlace LTE. La tercera etapa corresponde a los equipos terminales

de usuario. Estos equipos se conectan con el puesto de mando avanzado a través de la estación base desplegable. Adicionalmente se proponen equipos que permiten la retransmisión de video en tiempo real desde un vehículo aéreo no tripulado hasta el puesto de mando avanzado.

*Líneas futuras* — El presente trabajo sirve como precedente para futuros trabajos relacionados con sistemas de emergencia, y específicamente de sistemas Trunking LTE. Este trabajo puede ser considerado para, luego de realizar una revisión de costos de equipos, realizar una implementación de una red adaptada a un escenario específico. Además, esta propuesta puede ser actualizada con nuevos equipos y tecnologías emergentes.

*Publicaciones* — No existen publicaciones asociadas a la elaboración de esta tesina.

*Abstract* — In recent years, with the emergence of new technologies and techniques used in cellular networks, there is an interest to analyze the great benefits of fourth generation (4G) or Long Term Evolution (LTE) networks for so-called critical communications. Thus, LTE networks offer greater data transmission capacity in a broad bandwidth, unlike narrowband communications. The use of broadband LTE Trunking technologies in emergency management are necessary for the optimization of network resources, as well as to guarantee reliability and security of communications. Therefore, in this work a proposal for a Trunking network based on LTE technology is made. The proposed network can be adapted to catastrophe emergency response scenarios. The network architecture includes the advanced command post, a deployable base station and user equipments. The network supports the transmission of voice, data and video services in real time.

Autor: Logroño Naranjo, Santiago Israel, email: sanlog@teleco.upv.es  
Director: Esteve Domingo, Manuel, email: mesteve@dcom.upv.es  
Fecha de entrega: 11-09-18

**ÍNDICE**

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>II. ESTADO DEL ARTE</b> .....	5
II.1. SISTEMAS DE COMUNICACIONES PARA GESTIÓN DE EMERGENCIAS ...	5
II.2. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES .....	6
II.2.1. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN PMR.....	6
II.2.2 TETRA (Terrestrial Trunked Radio) .....	7
II.2.3 WiMAX IEEE 802.16.....	7
II.2.4 SISTEMAS TRUNKING .....	8
II.2.4.1 Arquitectura de sistemas Trunking .....	9
II.2.4.2 Tipos de sistemas Trunking .....	10
II.3. VEHÍCULOS DE COMUNICACIONES PARA GESTIÓN DE EMERGENCIAS .....	11
<b>III. PROPUESTA DE RED TRUNKING BASADA EN LTE</b> .....	12
III.1 PLANTEAMIENTO DEL ESCENARIO DE LA SITUACIÓN DE EMERGENCIA .....	12
III.2 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONALIDADES DE SOLUCIONES PARA RED TRUNKING PROPORCIONADAS POR HUAWEI .....	13
III.3 EQUIPOS DISPONIBLES PARA “eLTE BROADBAND TRUNKING SOLUTION” DE HUAWEI .....	14
III.3.1 Equipos para el núcleo de red y estaciones base .....	15
III.3.2 Equipos para el centro de gestión de red .....	19
III.3.3 Equipos terminales para los usuarios.....	26
III.4 TOPOLOGÍA DE RED PROPUESTA .....	32
<b>IV. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS</b> .....	34
<b>V. AGRADECIMIENTOS</b> .....	34
<b>VI. REFERENCIAS</b> .....	35

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las diferentes organizaciones que prestan atención y ayuda a emergencias necesitan servicios de telecomunicaciones robustos para atender de una manera eficaz y a tiempo la emergencia, la intervención inmediata es vital a la hora de detener y controlar el impacto. Por lo tanto, se presenta una problemática a la hora de tener una comunicación sólida con el centro de control, debido a que la conexión es lenta, inestable y con baja calidad de servicio. Normalmente los servicios prestados en redes para mando y control de emergencias son video, voz y datos, los cuales son de gran ayuda para la prevención de desastres, ya que permiten al personal experto del centro de mando y control gestionar y facilitar la orientación a la emergencia. Además, se ofrece seguridad y eficacia en la operación a los socorristas. El intercambio de información entre las personas involucradas en la atención de las emergencias es de vital importancia. Es así que el Puesto de Mando Avanzado es el centro fundamental que gestiona las comunicaciones, permitiendo informar en tiempo real acerca de la evolución y proceso de operación de la situación.

Los sistemas de comunicación para zonas de emergencia que se han venido utilizando se basan en tecnologías inalámbricas como TETRAPOL, TETRA, sistemas HF/VHF y enlaces satelitales, que, a pesar de proporcionar una amplia cobertura, disponen de un ancho de banda muy limitado. Debido a estas limitaciones sólo se puede disponer de comunicaciones de voz y de transmisión de datos a bajas velocidades, y que no reproducen por completo el COP (Common Operational Picture) de la situación de conflicto o emergencia.

En los últimos años, con la aparición de nuevas tecnologías y técnicas utilizadas en redes celulares, se han comenzado a examinar los grandes beneficios de las redes de cuarta generación (4G) o Long Term Evolution (LTE) para comunicaciones denominadas críticas. Es así que las redes LTE ofrecen mayor capacidad de transmisión de datos en un ancho de banda amplio, a diferencia de comunicaciones de banda estrecha. La utilización de tecnologías Trunking LTE de banda ancha en la gestión de emergencias son necesarias para la optimización de los recursos de red, así como para garantizar fiabilidad y seguridad de las comunicaciones.

El presente documento se encuentra organizado de la siguiente forma. En primer lugar, se describen brevemente las principales tecnologías disponibles para sistemas de emergencia, realizando un enfoque principalmente en sistemas Trunking. A continuación, se define un escenario de actuación relacionado a mando y control de emergencias. Por lo tanto, se describen y recogen las principales especificaciones técnicas de equipos y dispositivos de la parte del core, gestión y administración de red, y equipos terminales. Posteriormente se propone un esquema de red donde se señalan los equipos a utilizar en cada etapa. Finalmente se redactan las conclusiones y líneas futuras del presente trabajo.

## II. ESTADO DEL ARTE

### II.1. SISTEMAS DE COMUNICACIONES PARA GESTIÓN DE EMERGENCIAS

Hoy en día, con el fin de atender y dar una óptima respuesta a distintas catástrofes y situaciones adversas que se presentan, es necesario contar con sistemas adecuados cuyas prestaciones y características se diseñen en función de distintos escenarios de uso. La necesidad de sistemas de emergencias radica en la importancia de fin evitar mayores daños en situaciones de emergencia y precautelar la seguridad de personas, animales, las infraestructuras, el medio ambiente, etc. Es así que la red de comunicaciones que integra un sistema de comunicaciones es de vital importancia para la logística, proporcionando un medio eficaz que permite el monitoreo de la emergencia, facilita la toma de decisiones y garantiza un control de las operaciones en todo momento y lugar. Por lo tanto, la red de comunicaciones debe cumplir adecuadamente distintos requerimientos que garanticen la disponibilidad y capacidad de la red, especialmente en situaciones críticas.

Diferentes aplicaciones y tecnologías son necesarias para la gestión adecuada de emergencias, entre ellas: transmisión en tiempo real de video, transmisión y recepción de voz, PTT (Push-to-Talk), RTT (Real Time Text messaging), Transmisión de información de localización y estado, broadcasting y multicasting, etc. [1]

La transmisión de video en tiempo real desde la emergencia hacia un centro de mando y control es esencial en situaciones de emergencia. Mediante la transmisión de video los cuerpos y unidades que atienden la emergencia coordinan y toman decisiones en función del estado actual de la situación. Por consiguiente, existen requisitos mínimos (QoS) de transmisión de video que deben cumplir los sistemas de emergencia. Los requisitos dependen de la tasa de tramas de video, la resolución del video y el color. En situaciones de emergencias algunos parámetros recomendados son [1]:

- Tasa de 10 cuadros por segundo para SIF (Standard Interchange Format) o SD (Standard Definition) con retardo de 1 segundo.
- Codificación de video MPEG-2 con una tasa mínima de 1.5 Mbps. Para MPEG-4 es posible codificar desde 128 kbps.

La calidad de voz es un factor a tener en cuenta en situaciones de emergencia, ya que puede afectar la calidad global del sistema de emergencias. Por lo tanto, se debe considerar la tasa de paquetes perdidos y la relación entre paquetes perdidos y su tamaño. Además, es necesario considerar el tipo de comprensión utilizado. En cuanto a los requerimientos de ancho de banda varían en función del servicio, por ejemplo, para teleconferencia se recomienda 1 Mbps con bajo retardo. Otras aplicaciones para transmisión de voz sobre teléfono requieren en cambio 64 kbps y toleran mayores retardos en la comunicación.

La tecnología PTT permite comunicaciones de tipo half dúplex entre dos terminales. Mediante esta tecnología, la transmisión o recepción de voz se controla desde un botón en el terminal. Algunas ventajas de este tipo de tecnologías son su facilidad de uso, establecimiento instantáneo de la comunicación, comunicaciones entre grupos, bajos costes, etc.

El uso de RTT en los sistemas emergencias consiste en el envío de mensaje y alertas de forma rápida y efectiva. Los tipos de mensajes pueden ser sms, correos electrónicos, etc. Los requerimientos de ancho de banda para RTT son muy bajos.

Mediante la transmisión de información de localización y estado se mantiene un monitoreo de la posición del personal o elementos involucrados en la atención de la emergencia. La tecnología GPS (Global Positioning System) permite obtener la ubicación actual gracias a sensores de bajo coste incorporados en las personas o elementos a monitorear. El uso de GPS proporciona distintas resoluciones en función de las tecnologías utilizadas, es así que se puede mejorar las prestaciones utilizando redes, por ejemplo, WiFi o LTE. Adicionalmente, mediante la instalación y configuración de sensores en zonas estratégicas se puede transmitir información que permita monitorear la emergencia con el fin de evitar que la situación empeore. Otras tecnologías que se incluyen en este ámbito pueden ser RFID (Radio Frequency Identification), ya que es una solución barata y de rápido despliegue.

Tecnologías adicionales como broadcasting y multicasting pueden proporcionar mejoras en las operaciones de atención de las emergencias.

## *II.2. TECNOLOGÍAS PARA SISTEMAS DE EMERGENCIA*

A continuación, se describen las principales tecnologías y estándares de comunicaciones para situaciones de emergencias y seguridad pública:

### *II.2.1. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN PMR*

PMR (Private Mobile Radio) también llamado radio móvil profesional terrestre, son redes de comunicaciones móviles para distancias relativamente cortas. Sus aplicaciones incluyen vigilancia, control de tráfico, bomberos, policía, entre otros. El control de estos sistemas se realiza en zonas geográficas limitadas y la red de comunicación no está conectada expresamente a la red de telefonía pública.

Las Redes PMR son normalmente utilizadas por organismos de emergencias y seguridad, entre sus características principales se encuentran su rápido acceso, llamadas frecuentes, su alcance es local o regional y posibilita las llamadas entre móvil y móvil. En la Fig. 1 se indica un esquema de interconexión entre los elementos de la red de una red PMR. Los usuarios, que normalmente son terminales portátiles de baja potencia, se conectan a una estación base de alta potencia.





Fig.1. Estructura básica de una red PMR. [2]

### II.2.2 TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*)

TETRA es un estándar definido por el ETSI (European Telecommunications Standards Institute) con el fin de promover el desarrollo de una tecnología para gestión de emergencias y seguridad pública. Los estándares de la ETSI para TETRA se encuentran recogidos en las especificaciones técnicas TS 100392-x. Su uso está dedicado a sectores como transporte, salud, gobierno, militar, industria, PAMR (Public Access Mobile Radio), Petróleo, Gas, etc. [3]

Mediante TETRA es posible cubrir las necesidades de una variedad de PMR (Public Mobile Radio). Es así que, gracias a una arquitectura escalable y económica, se posibilita el despliegue desde redes locales pequeñas, hasta grandes redes con cobertura nacional. Entre las principales características de TETRA se puede destacar la seguridad que se garantiza en comunicación de voz gracias a una robusta encriptación. Además, se garantiza la disponibilidad de la red en situaciones de emergencia, incluso cuando el sistema está ocupado.

En la Fig. 2 se indica el esquema de comunicaciones definida para TETRA [4]. Aquí se puede identificar que TETRA funciona como un concentrador de diferentes tipos de enlaces digitales. Algunos componentes que describen la arquitectura de la red son el núcleo de la red, las estaciones base TETRA, los equipos terminales, centros de gestión, y las interfaces de interconexión con otros dispositivos y redes.

### II.2.3 WiMAX *IEEE 802.16*

WiMAX es una tecnología de área metropolitana y hace referencia a un sistema de acceso inalámbrico de banda ancha con una alta transmisión de datos y un alcance de hasta 50 km para estaciones fijas y 15 km para estaciones móviles. WiMAX permite trabajar tanto en bandas del espectro licenciado como no licenciado, pudiendo alcanzar tasas de transmisión de hasta 63 Mbps dentro de un radio de celda de 5 km. El uso de femtoceldas (pequeñas BSs) habilitadas para

WiMAX se extiende continuamente, y su uso incrementa considerablemente su desempeño y cobertura.

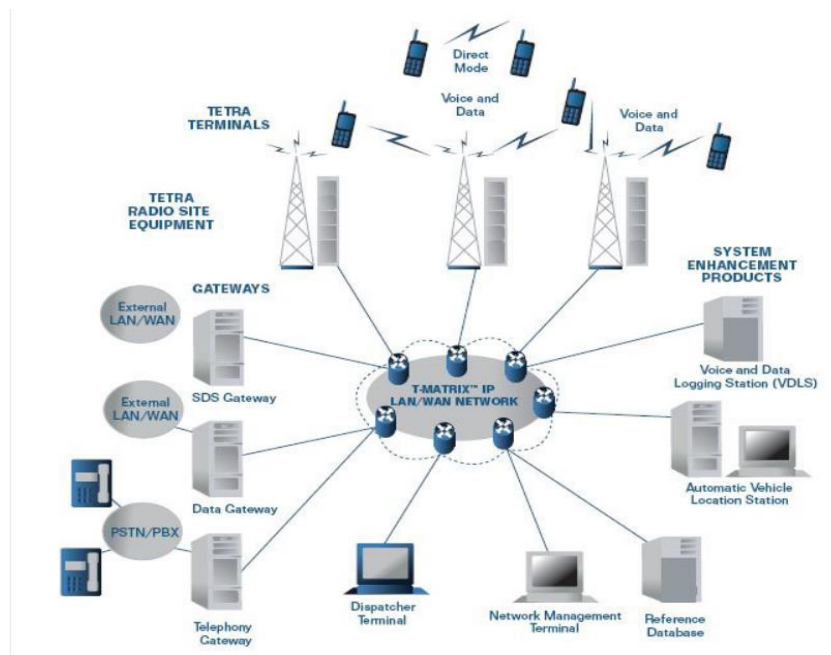


Fig.2. Esquema de sistema de comunicación móvil TETRA [4].

Para redes de emergencia, WiMAX tiene una infraestructura centralizada, por ello, en caso de grandes desastres, varios componentes pueden convertirse en puntos únicos de falla, con riesgo de quedar inoperable en caso situaciones catastróficas. El grupo Infoglobal confió en la tecnología de Albentia Systems para el despliegue con la apuesta tecnológica de 802.16 en banda no licenciada. Intervienen 4 emplazamientos, en cada uno de los puntos se instaló una Estación Base junto con cámaras IP y sistemas de detección de incendios. Las alarmas llegan al Centro de Control mediante la Red Troncal. Por otro lado, los vehículos de emergencia acuden al punto de interés y se conectan mediante un CPE (Customer Premises Equipment) a la Estación Base más cercana. Los CPEs se encuentran preconfigurados para que, en cualquier lugar donde esté el punto conflictivo, permitan apuntar hacia la Estación Base para la conexión automática. Una vez establecida la conexión, el equipo de emergencia puede comunicarse con el Centro de Control y enviar vídeos y datos en tiempo real. En la Fig. 3 se muestra la arquitectura de red para un sistema de comunicaciones dedicado al control de emergencias basado en tecnología WiMAX.

#### II.2.4 SISTEMAS TRUNKING

Ya que la propuesta planteada en esta tesina se basa en una red trunking, a continuación, se describe con mayor detalle las particularidades y características de este tipo de sistemas.

Los sistemas Trunking consisten en sistemas de radio en donde todos los canales de comunicación son compartidos, por lo que es necesario un centro de control que se encarga de

gestionar la comunicación. Es decir, el centro de control asigna en función de la demanda actual del sistema y de una prioridad, diferentes canales a los usuarios que conforman la red.

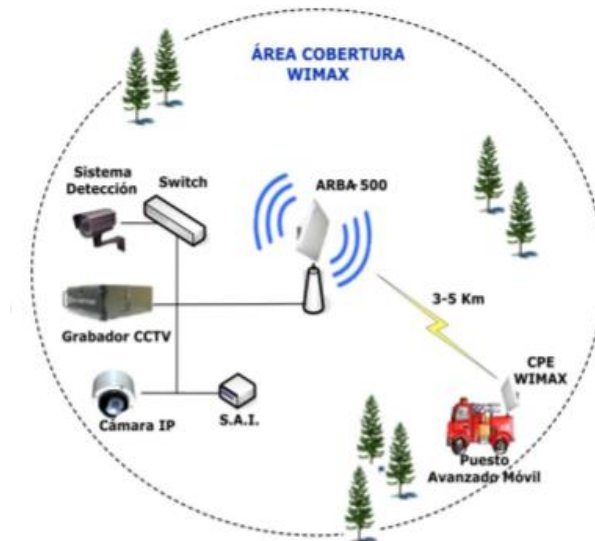


Fig.3. Esquema de red WiMAX para gestión y control de emergencias por incendios [5].

Ya que es necesario un medio para el control y gestión de los canales de radio para los diferentes usuarios, los sistemas Trunking utilizan un canal de control por el cual se realizan los procedimientos de señalización. El canal de control puede ser dedicado o variable. El canal de control dedicado se utiliza permanentemente para esta función (control). Por otro lado, un canal variable puede ser canal de tráfico o de control en función de la demanda. [6]

La asignación y gestión de los canales de tráfico para los usuarios se asigna en función de la ocupación de los canales. Si no existe disponibilidad de canales libres, los usuarios pasan a una lista de espera para posterior asignación de recursos. Es importante señalar que la asignación de canales puede regirse a una cierta prioridad definida para distintos grupos de usuarios.

#### II.2.4.1 Arquitectura de sistemas Trunking

La arquitectura general para una red Trunking se muestra en la Fig. 4. La unidad de control del nodo (NC) representa la parte central del sistema. La función principal del NC es mantener una gestión global del sistema Trunking, para lo cual se utilizan distintas interfaces. La arquitectura de red Trunking comprende las estaciones bases de zona (EBZ), las mismas que se conectan al NC mediante enlaces de control. Mediante las EBZ tienen acceso a la red Trunking los distintos terminales de los usuarios.

Como se indicó previamente, un sistema Trunking requiere de una adecuada gestión de los canales, tanto de control como de tráfico. Es así que mediante el centro de gestión se realiza un

monitoreo y control eficiente del sistema. Cuando únicamente existe un solo centro de gestión la arquitectura se conoce como monoemplazamiento. Una arquitectura multiemplazamiento es necesaria cuando se requiere el control de múltiples nodos.

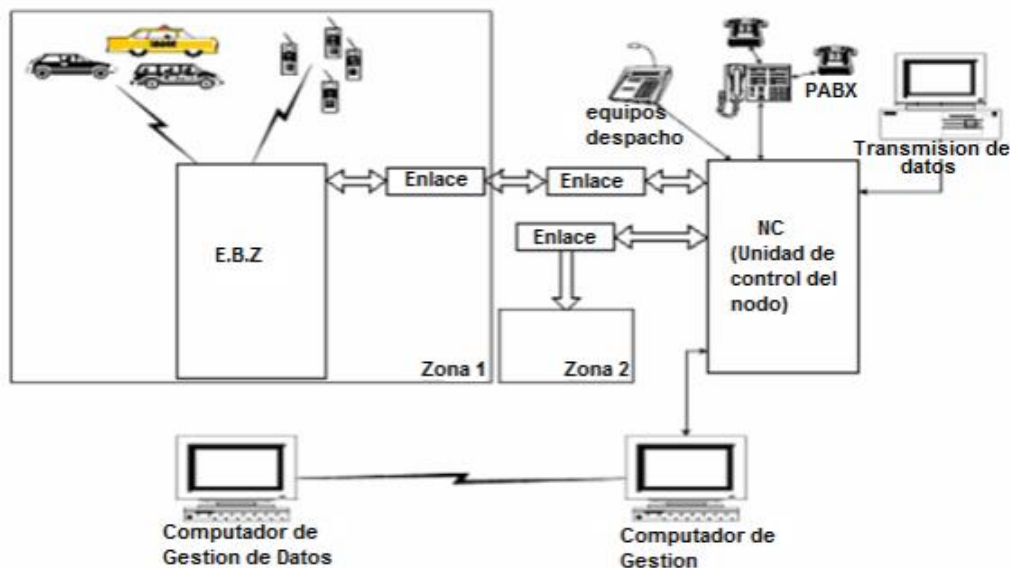


Fig 4. Arquitectura de un sistema Trunking. [6]

Como se observa en el esquema de la Fig. 4, mediante el nodo de control existe flexibilidad para interconexión de diferentes equipos y terminales basados en otras tecnologías (interoperabilidad), por ejemplo, PABX, equipos de despacho, establecimiento de enlaces punto a punto, etc.

#### II.2.4.2 Tipos de sistemas Trunking

La constante evolución de distintas tecnologías ha repercutido directamente en distintas propuestas para los sistemas Trunking. Es decir, con la aparición de tecnologías digitales en sistemas de comunicaciones, se ha visto una evolución en los equipos de radio utilizados para sistemas Trunking, dejando prácticamente obsoletas a tecnologías analógicas, que, en su momento, fueron muy utilizadas. Además, la creciente demanda de tráfico generado por nuevas aplicaciones y servicios exige la aparición de nuevas tecnologías que atiendan dichos requerimientos. Uno de estos servicios, y en el que se hace énfasis en esta investigación, es la gestión de emergencias en diferentes escenarios, en donde, por ejemplo, servicios de transmisión de voz y video de alta calidad, gestión de llamadas con distintas prioridades, requieren sistemas eficientes con altas prestaciones.

Algunas de las principales normas digitales comprenden: [7]

- ✓ APCO Project 25 (Americano)
- ✓ TETRA (Europeo)
- ✓ TETRAPOL (Europeo)

- ✓ DMRTierIII (Europeo)
- ✓ eLTE (Chino)

Ya que en esta tesina se basa en una propuesta de red Trunking basada en LTE, a continuación, se presentan los principales aspectos de esta tecnología.

### *Sistemas Trunking eLTE*

Como se analizó previamente, los sistemas Trunking están experimentando una revolución tecnológica y están evolucionando para adaptarse a nuevos requerimientos y escenarios de uso. Justamente los sistemas de comunicaciones celulares LTE (Long Term Evolution) han evolucionado para ofrecer mejores prestaciones en cuanto a capacidades y flexibilidades de operación con otras tecnologías. El desarrollo de las normas técnicas del 3GPP (3rd Generation Partnership Project) para comunicaciones de emergencia de banda ancha basada en LTE presentó grandes ventajas para sistemas abiertos asegurando la interoperabilidad de varios proveedores. Por su parte, la compañía Huawei desarrolló una solución de banda ancha basada en LTE. La solución propuesta por Huawei consiste en la adición de un servidor PTT (Push-to-Talk) y diferentes terminales compatibles con las redes LTE convencionales [7]. La propuesta para sistemas Trunking LTE de Huawei ofrece:

- ✓ Alto rendimiento del sistema (Mejora de las prestaciones).
- ✓ Banda ancha, la cual permite solventar los requerimientos de las diferentes aplicaciones.
- ✓ Baja latencia y confiabilidad, necesaria en sistemas que requieren una respuesta crítica y disponibilidad del sistema. Por ejemplo, mando y control de emergencias.
- ✓ Interoperabilidad, lo que garantiza compatibilidad con otras tecnologías.
- ✓ API (Application Programming Interface) abierta, la cual puede ser adaptada a distintos escenarios de aplicación.
- ✓ VPN (Virtual Private Network), con una baja construcción de la red y menores costes de mantenimiento.
- ✓ Calidad de sistemas Trunking, al cumplir todos los requisitos de este tipo de redes.

### ***II.3. VEHÍCULOS DE COMUNICACIONES PARA GESTIÓN DE EMERGENCIAS***

La utilización de un vehículo de comunicaciones de emergencias, ECV (Emergency Communications Vehicle), es la aplicación más concreta de la solución de estación única. Generalmente se utiliza en escenarios donde no existe disponibilidad de las redes públicas o se pueden hacer uso por motivo de seguridad, provee cobertura para servicio de datos y comunicaciones troncales. La capacidad de movilidad es la parte fundamental del vehículo de comunicaciones de emergencia siendo este un sistema de estación única.

Generalmente un vehículo de comunicaciones de emergencias se caracteriza por ser fácilmente despegable en el lugar donde se presenta la emergencia. Su función primordial es ofrecer comunicaciones de datos, voz y video. Este tipo de vehículos cuentan con interfaces de comunicación con otros tipos de redes, por ejemplo, redes LAN, enlaces satelitales, WiFi, WiMAX, interfaces para comunicación con ordenadores, equipos de video vigilancia, etc. Para hacer posible las comunicaciones en la situación de emergencia, el vehículo de comunicaciones de emergencias cuenta con todo el equipamiento de telecomunicaciones necesario para establecer los enlaces entre diferentes puntos. Además, es importante destacar el corto tiempo de instalación y puesta a punto de un vehículo de comunicaciones de emergencias, lo cual es crucial al momento de proporcionar una respuesta eficaz en la situación de emergencia.

### **III. PROPUESTA DE RED TRUNKING BASADA EN LTE**

#### *III.1 PLANTEAMIENTO DEL ESCENARIO DE LA SITUACIÓN DE EMERGENCIA*

El objetivo de la presente tesina es proporcionar una arquitectura de red Trunking basada en LTE para la transmisión de voz, datos y video en tiempo real en situaciones de emergencias. Es así que a continuación, se realiza un análisis de los equipos idóneos que cumplen con las características de capacidad y conectividad deseadas.

La arquitectura propuesta comprende los equipos, la topología de red y se analizan las características y capacidades de acuerdo a la información proporcionada por los fabricantes, como son: ancho de banda, alcance, frecuencia de operación, interoperabilidad con otras tecnologías, etc. Luego de revisar los detalles de los equipos disponibles y sus distintos modos de operación, se propondrá una arquitectura de red para el escenario planteado en esta tesina.

En la Fig. 5 se muestra un esquema general del escenario de actuación para una situación de emergencia. En primer lugar, un VANT (Vehículo Aéreo no Tripulado) monitorea la zona de emergencia, y transmite información de video en tiempo real hasta el GCS (Ground Control Station). EL GCS, provisto de un CPE (Customer Premises Equipment), permite, además del control del VANT, transmitir la información de video en tiempo real hasta una estación base desplegable. La estación base desplegable cumple la función de punto intermedio de conexión, que permite retransmitir el video generado en la zona de emergencia hasta el Puesto de Mando Avanzado (PMA). Desde el puesto de mando avanzado se controla y gestiona todos los aspectos relacionados a la atención eficiente de la emergencia. Desde el PMA existen conexiones a otros tipos de redes, ya sea satelitales o terrestres. Las características que debe cumplir la estación base desplegable es permitir una rápida instalación y operación desde una zona óptima que permita la interconexión del GCS con el puesto de mando avanzado. Además, la estación base desplegable

debe permitir establecer conexión con otros terminales portátiles y dispositivos que lleva el personal que se moviliza a la zona de la emergencia.

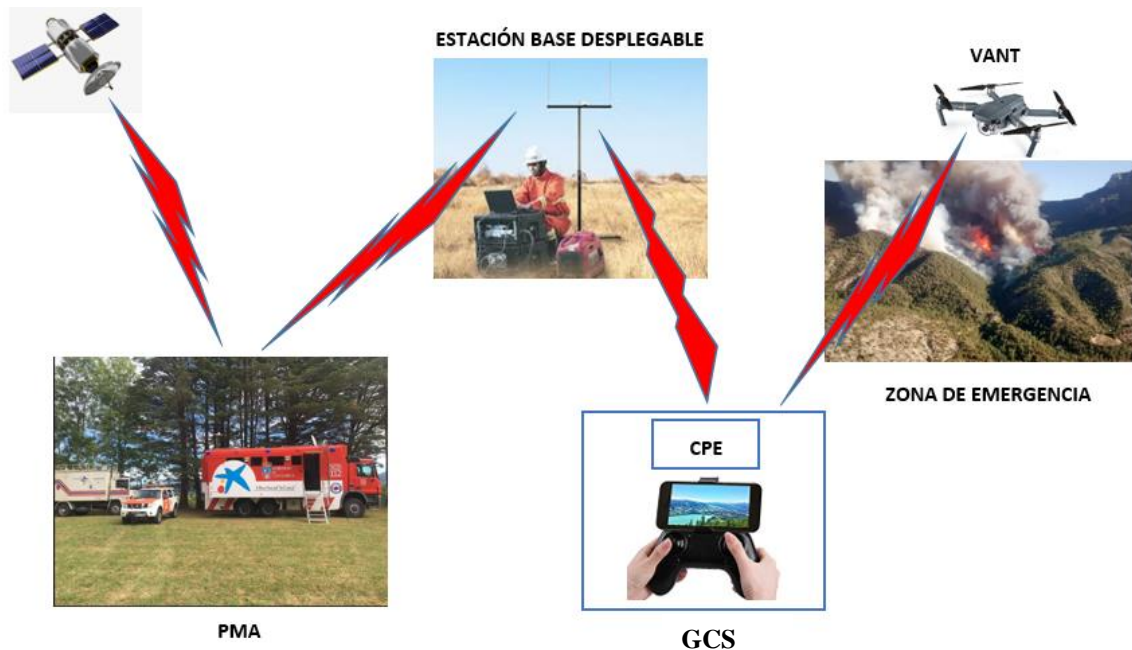


Fig. 5. Esquema básico del escenario planteado para mando y control de emergencias.

### III.2 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONALIDADES DE SOLUCIONES PARA RED TRUNKING PROPORCIONADAS POR HUAWEI

En este trabajo se propone utilizar las soluciones para red Trunking que proporciona el fabricante Huawei, ya que están diseñadas para cumplir con los requisitos de capacidad y disponibilidad requeridos en sistemas de emergencia. Además, son soluciones basadas en tecnología LTE, lo que permite cumplir con los objetivos planteados en esta tesina. Específicamente Huawei denomina a estas soluciones como eWBB (extra Wide Bailey Bridge) LTE. Algunas características importantes de este tipo de tecnologías son [7][8]:

- ✓ Uso de eficientes tecnologías de duplexación y multiplexación. Entre tecnologías de duplexación constan TDD (Time Division Duplexing) y FDD (Frequency Division Duplexing), que conjuntamente con tecnologías de modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y esquemas MIMO (Multiple-input Multiple-output), proporcionan un alto rendimiento.
- ✓ Este tipo de soluciones permiten diseñar sistemas Trunking para comunicaciones de voz, video, y datos, garantizando alta confiabilidad y bajos retardos.
- ✓ Ancho de banda escalable desde 1.4 MHz hasta 20 MHz, es decir, el rango de ancho de banda especificado para redes LTE. Un aspecto importante a destacar en este tipo de sistemas, es que, ya que se cuenta con anchos de bandas escalables y diferentes técnicas de duplexación, se permite una eficiente gestión de los recursos de radio. Por ejemplo,

transmisiones de video requieren mayores recursos en uplink, a diferencia del enlace downlink.

- ✓ Las bandas de frecuencias de operación de los equipos son desde 1.4 GHz, 1.8 GHz, 2.3 GHz en TDD, y de 700 MHz, 800 MHz para FDD. Además, Huawei ofrece la personalización en una frecuencia de operación específica que requiera el cliente.
- ✓ Este tipo de soluciones ofrecen transmisiones con bajas latencias y alta confiabilidad. Por lo tanto, es posible el desarrollo de un sinnúmero de aplicaciones en la industria, seguridad, video vigilancia, aplicaciones para interacción en tiempo real, localización, etc.
- ✓ Se garantiza confidencialidad en las comunicaciones, ya que se ofrecen esquemas de encriptación avanzados para servicios de voz, datos y video.
- ✓ La escalabilidad es un aspecto importante de este tipo de sistemas, ya que existe soporte para operación con una o múltiples estaciones base. Además, este tipo de soluciones pueden ser adaptadas a distintos escenarios de uso.
- ✓ La interoperabilidad es otro aspecto importante que ofrecen las soluciones de sistemas Trunking de Huawei. Se garantiza compatibilidad con otras redes GSM, CDMA, PSTN (Public Switched Telephone Network) y PLMN (Public Land Mobile Network).

### III.3 EQUIPOS DISPONIBLES PARA “eLTE BROADBAND TRUNKING SOLUTION” DE HUAWEI.

El esquema general de red provisto por Huawei para un sistema Trunking se muestra en la Fig. 6. En el mismo se distinguen 3 etapas:

- La etapa central, la conforman las estaciones base y el núcleo de red.
- Una segunda etapa está conformada por el sistema para despacho y gestión de la red. Esta etapa mantiene una conexión directa con el núcleo de red y es desde donde se gestiona de forma global los recursos disponibles.
- Finalmente, la tercera etapa está conformada por los equipos terminales del usuario. Estos terminales se conectan de forma inalámbrica a las estaciones base que integran la red Trunking.

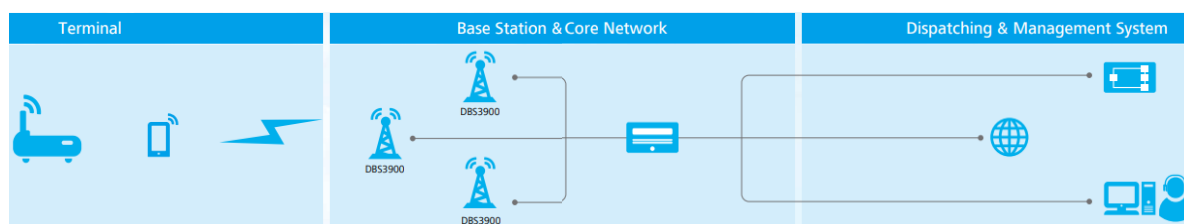


Fig. 6. Esquema general “eLTE Broadband Trunking Solution” de Huawei.



A continuación, se realiza una revisión de las características y principales funcionalidades de las soluciones que ofrece Huawei, para utilizar en las 3 etapas mencionadas anteriormente.

### *III.3.1 Equipos para el núcleo de red y estaciones base*

#### *- Estación Base DBS3900*

La estación base distribuida (DBS – Distributed Base Station) que distribuye Huawei, es una de las soluciones para sistemas Trunking Broadband. Este tipo de equipos son basados en la tecnología LTE y se caracterizan por su rápido despliegue, bajo consumo de energía, y flexibilidad para ser usada en diferentes aplicaciones. Algunas de las principales características que se pueden destacar de la estación base DBS3900 son [9]:

- ✓ Ya que se encuentra conformada por dos módulos principales, se ofrece una rápido despliegue e instalación en el lugar donde se presente la emergencia.
- ✓ Basada en tecnología LTE. Compatible con TDD y FDD.
- ✓ Ofrece altas tasas de transferencia de datos. Hasta 100 Mbps para canalización de 20 MHz.
- ✓ Se garantiza seguridad y encriptación en las comunicaciones.
- ✓ Servicio de voz sobre IP (VoIP).
- ✓ Se ofrecen servicios de localización (LCS – Location Services).
- ✓ Bajo consumo de energía.

En la Fig. 7 se indica los principales componentes que integran la estación base DBS3900 de Huawei. Básicamente está conformada por dos módulos: El primero corresponde a la unidad de banda base (BBU – Base Band Unit), y un segundo módulo denominado unidad de radio remota RRU (Radio Remot Unit).

La unidad de banda base, BBU, se conecta a la RRU mediante puerto eléctrico FE/GE o puerto óptico FE/GE. La BBU puede ser instalada en exteriores o interiores. Además, como se muestra en la Fig. 7, existe flexibilidad en la rápida instalación de la RRU, por ejemplo, en postes, torres, paredes de hormigón, etc.

Otras características técnicas de la DBS3900, proporcionadas por el fabricante, se recogen en la Tabla 1 [10]. Las principales características están relacionadas a la disponibilidad de la red y rápida respuesta en situaciones críticas, por lo que se podría considerar como adecuada en situaciones de emergencia. Es necesario tener en cuenta todos estos parámetros de los equipos, ya que al ser esta tesina una propuesta para un sistema Trunking que pueda operar es situaciones de emergencia, se debe cumplir con aspectos esenciales como: disponibilidad, flexibilidad, tiempo de conexión, dimensiones de los equipos, etc.

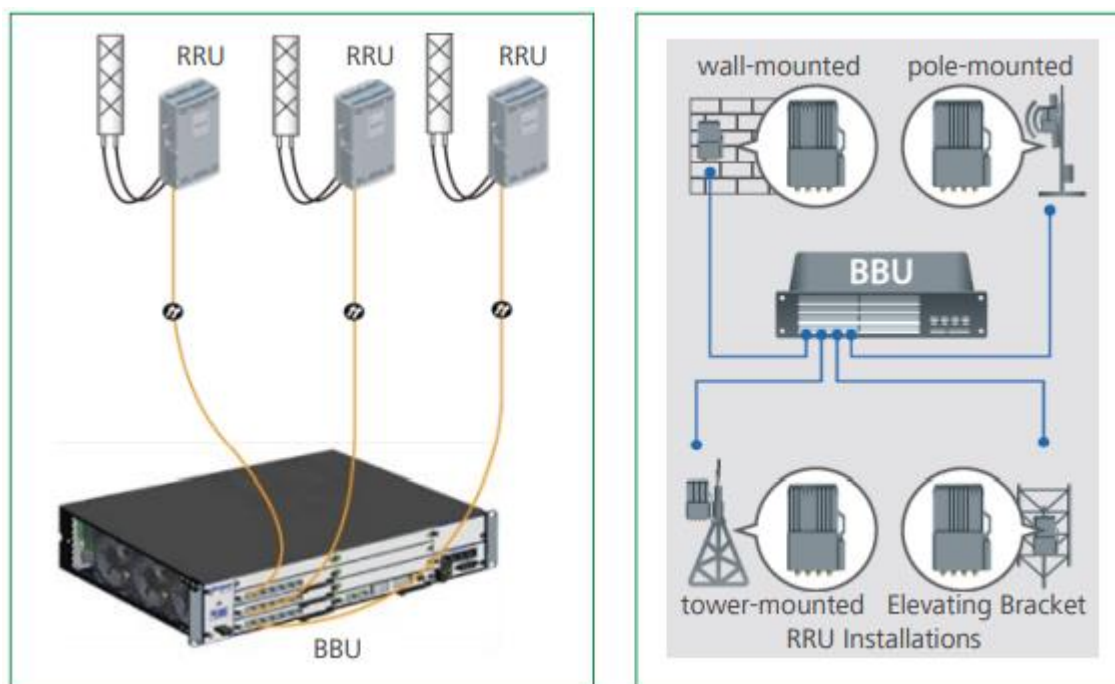


Fig. 7. Componentes de la DBS3900 de Huawei [9].

<i>ESTACIÓN BASE DISTRIBUIDA DBS3900</i>	
BANDAS DE FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	- En TDD: 400 MHz, 1.4 GHz, 1.8 GHz, y 2.3 GHz. - En FDD: 800 MHz.
ANCHOS DE BANDA DE CANALIZACIÓN	- <b>400 MHz:</b> {3, 5, 10, 20} MHz - <b>1.4 GHz:</b> {10, 20} MHz - <b>800 MHz, 1.8 GHz, 2.3 GHz:</b> {5, 10, 20} MHz
SINCRONIZACIÓN	- Mediante GPS - Mediante el protocolo IEEE 1588v2
DISPONIBILIDAD	> 99.999 %
TIEMPO DE RESETEO DEL SISTEMA	< 450 segundos
COBERTURA	Hasta 100 Km
TIEMPO DE CONEXIÓN	< 100 ms, para servicios de voz Trunking.

Tabla 1. Especificaciones técnicas de la DBS3900 [9].

Los parámetros característicos de la BBU que integra la DBS3900 se muestran en la Tabla 2. La fuente de alimentación es de corriente directa, por lo que permite adaptarle fácilmente baterías. Por otro lado, el nivel de protección es IP20 (International Protection), es decir, se garantiza protección únicamente contra el polvo. La BBU de la DBS3900 permite conexión de hasta 12 RRUs, por lo que existe flexibilidad dependiendo del escenario de aplicación.

<i>UNIDAD BANDA BASE (BBU)</i>	
PESO	< 12 Kg
RANGO DE VOLTAJE DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	38.4 VDC a 57 VDC
POTENCIA MEDIA DE CONSUMO	165 Watts, en promedio.
NÚMERO DE RRU QUE SOPORTA	Hasta 12 RRU por cada BBU
NIVEL DE PROTECCIÓN	IP20
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-40 °C a 55° C
HUMEDAD RELATIVA DE OPERACIÓN	5% a 95%

Tabla 2. Aspectos técnicos de la BBU de la DBS3900 [9].

En la Tabla 3 se muestran las características técnicas de la RRU. La fuente de alimentación, además de baterías, puede ser una fuente de corriente alterna. El nivel de protección es IP65, es decir, tiene protección contra agua.

<i>UNIDAD RADIO REMOTA (BBU)</i>	
PESO	< 24 Kg
RANGO DE VOLTAJE DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	48 VDC, 220 VAC
NIVEL DE PROTECCIÓN	IP65
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-40 °C a 55° C
HUMEDAD RELATIVA DE OPERACIÓN	5% a 100%

Tabla 3. Aspectos técnicos de la RRU de la DBS3900 [9].

#### - *eLTE RAPID*

Se trata de un sistema de troncales eLTE de banda ancha y rápido despliegue. Este equipo integra funciones de core (CN Core Network), de una estación base y de sistemas de distribución, todo en un equipo compacto listo para configurar y utilizar. Este equipo es ideal en situaciones de emergencia, en donde se requiere un rápido despliegue de una red en situaciones donde no haya redes implementadas, o donde las redes existentes han sufrido daños.

Algunas características importantes de este equipo son [10]:

- ✓ Los componentes se encuentran preconfigurados, lo que permite un rápido despliegue de un sistema Trunking basado en LTE. El tiempo aproximado de despliegue de una red LTE con este equipo es de 15 minutos.
- ✓ Los equipos son de fácil transporte, por lo que es posible incorporarlo en vehículos, o inclusive se puede llevar en una mochila, a pie.
- ✓ Mantiene las prestaciones de una estación base LTE, disponible para la transmisión de voz, datos y video a altas velocidades.

- ✓ Se pueden configurar y conectar fácilmente con enlaces ascendentes satelitales, conectar con centros de monitorización e interconectar con otras redes cableadas o inalámbricas.

En la Fig. 8 se muestra el equipo eLTE Rapid de Huawei. Se distinguen 4 componentes principales: Antenas de alta ganancia, soporte para antena, caja de antenas, y la caja principal con los componentes de radio frecuencia (RF) y fuente de alimentación.

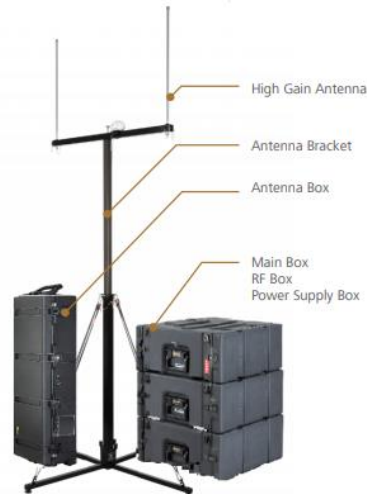


Fig. 8. Equipo eLTE Rapid de Huawei [10].

Como se indica en la Fig. 9, el equipo eLTE Rapid, al igual que la DBS3900, tiene incorporada una RRU, la misma que se encuentra incorporada al chasis del equipo. Otros componentes son el eMDC (Multimedia Dispatching Center), Distribuidores de energía, el eSCN (Core Network) y el banco de baterías.

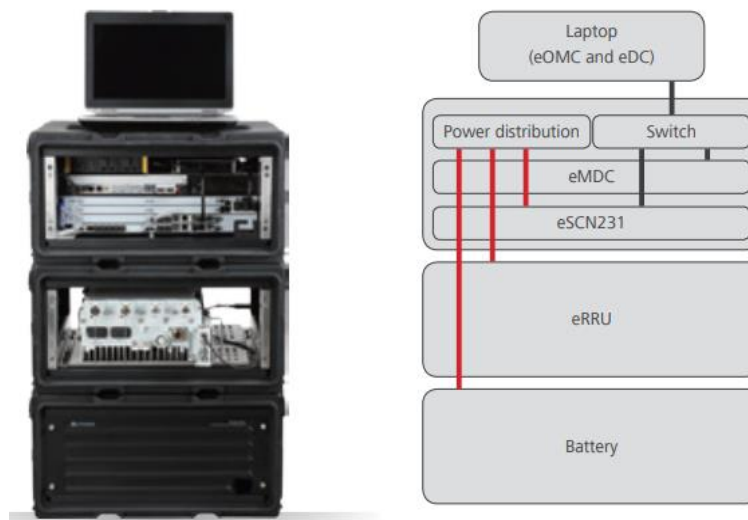


Fig. 9. Componentes que integran el equipo eLTE Rapid [10].

En la Tabla 4 se indican las principales especificaciones técnicas del eLTE Rapid [10]. Las bandas de operación, por supuesto, son compatibles con la tecnología LTE. Además, distintas

canalizaciones son posibles con el fin de permitir adaptar la red a distintos requerimientos. Se debe destacar además la buena cobertura que ofrece el equipo, así como también la tasa máxima de transferencia que alcanza. El nivel de protección especificado es IP23, es decir, soporta condiciones de lluvia. Otros aspectos importantes de este equipo son el MTBF (Mean Time Between Failures) muy alto. Por otro lado, el MTTR (Mean Time To Repair) especificado es menor a media hora. Estos aspectos son necesarios en condiciones de emergencia donde se desea una alta disponibilidad de los equipos, y en general de la red, con el fin de garantizar respuesta eficiente en la situación de emergencia.

eLTE Rapid	
ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO	
BANDAS DE OPERACIÓN LTE	LTE TDD 400 MHz : {380 – 450} MHz LTE TDD 1.8 GHz: {1785 – 1805} MHz
CANALIZACIÓN	{5, 10, 20} MHz
MÁXIMO NÚMERO DE USUARIOS	100
LLAMADAS DE VOZ SIMULTÁNEAS	40
LLAMADAS DE VIDEO SIMULTÁNEAS	20
COBERTURA DE 1 UNIDAD	Hasta 50 km
TASA DE TRANSFERENCIA	Hasta 300 Mbps
ESPECIFICACIONES DE CONSUMO DE ENERGÍA	
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	100V a 240V AC
CONSUMO DE POTENCIA	< 580 W (400 MHz) < 530 W (1.8 GHz)
ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN	
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-20 °C a 55°C
NIVEL DE PROTECCIÓN	IP23
MTBF	> 100000 horas
MTTR	< 0.5 horas
TIEMPO DE INICIO DEL SISTEMA	< 5 minutos

Tabla 4. Aspectos técnicos del equipo eLTE Rapid [10].

El fabricante de este equipo sugiere distintos escenarios de aplicación: video vigilancia, atención en catástrofes, seguridad, transporte, industria, etc.

### III.3.2 Equipos para el centro de gestión de red (Core Network)

Un esquema alternativo con los principales componentes que integran la red Trunking basada en LTE se muestra en la Fig.10. Diferentes opciones existen como equipos terminales, ya sea equipos portables, terminales de acceso para servicios de alto ancho de banda o equipos montados en vehículos. Los terminales se conectan a la red mediante las estaciones base, que como se explicó

anteriormente, están provistas de un BBU, y una o varias RRU, dependiendo de la aplicación. Una o más estaciones base tienen acceso al núcleo de red, en donde se encuentran los equipos Gateway y equipos para despacho de las aplicaciones y servicios. En la Fig. 10 se observa que mediante la eOMC (enterprise Operation and Maintenance Center) se realiza el monitoreo y mantenimiento tanto de terminales de usuario, estaciones base, y del núcleo de red. Existen dos tipos de eOMC: eOMC modo PC y eOMC modo servidor.

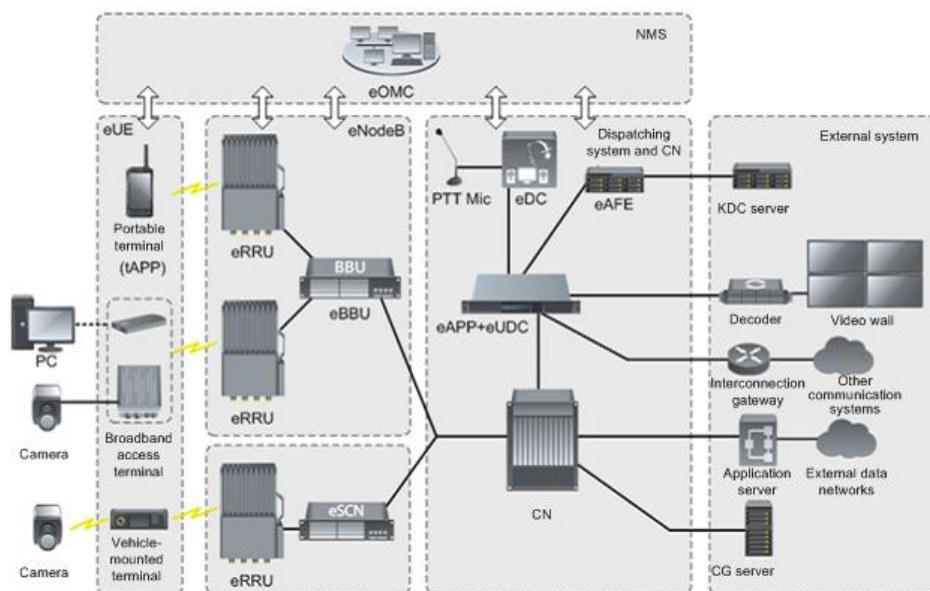


Fig. 10. Esquema alternativo para red Trunking LTE [11].

Mediante el eAPP (enterprise Network Application Software System) se proporcionan funciones de PTT (Push To Talk) a los clientes de aplicaciones. Permite iniciar llamadas privadas, de grupo y llamadas de video entre los clientes de las aplicaciones.

Un sistema eAPP contempla los eMDC, eDC y en algunos casos eMRS (multimedia recording and playback server):

- La función del eMDC es operar como despachador del sistema eAPP, para lo cual provee funciones de Trunking multimedia, además, se conecta a otras redes mediante los gateways.
- El eDC provee GUIs (Interfaces gráficas de usuarios) que permiten realizar operaciones Trunking de despacho.
- El eMRS permite realizar funciones de grabación y reproducción de información.

Un esquema detallado del eAPP 610 de Huawei y su interconexión con los otros elementos de la red se indica en la Fig. 11. En este caso el eAPP610 está compuesto por un eMDC, eUDC y un eMRS. El eMDC controla los servicios y flujos de información. El eMRS, como se indicó previamente, posibilita la grabación de información multimedia, permite servicios como video bajo demanda (VOD Video On Demand), además, gestiona la conexión de cámaras a la red.

El eDC610 es la consola de despacho, provee las interfaces gráficas al usuario necesarias para la gestión de servicios como llamadas de voz, videos, SMSs, MMSs y posicionamiento mediante GPS.

Los gateways de interconexión, como lo indica su nombre, permiten la interconexión con otro tipo de redes. Se pueden diferenciar 3 tipos de gateways:

- Gateway PLMN: permite la interconexión del eAPP610 con redes PLMN.
- Gateway PSTN: permite la interconexión del eAPP610 con redes PSTN.
- Gateway TETRA: permite la interconexión del eAPP610 con redes TETRA.

El decoder permite la decodificación y conexión del eAPP610 a grandes pantallas para visualización de video.

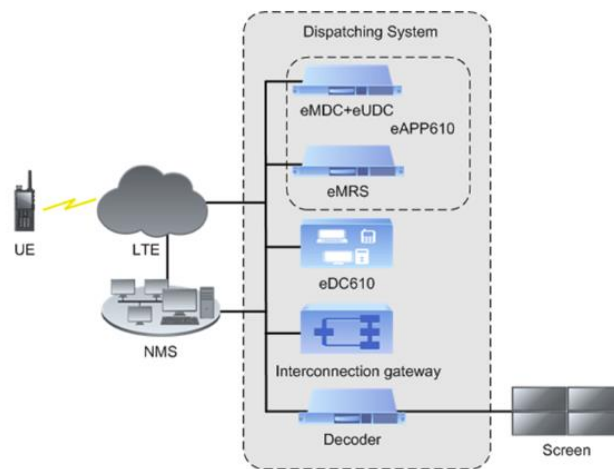


Fig. 11. Esquema alternativo para red Trunking LTE [11].

- *eSCN230*

El equipo eSCN230 (enterprise Smart Core Switch Core Network) está diseñado para utilizarse en escenarios donde se requieran desplegar redes relativamente pequeñas. Por lo que es una solución con una buena relación costo beneficio.

Dos principales componentes de hardware y software integran el eSCN230. La parte hardware está basada en un subrack EART (ver Fig. 12). Por otro lado, el software está basado en la plataforma ROSA. Mediante estos dos componentes se permite una fácil adaptación a diferentes tipos de escenarios. Además, se posibilita la expansión de la red.

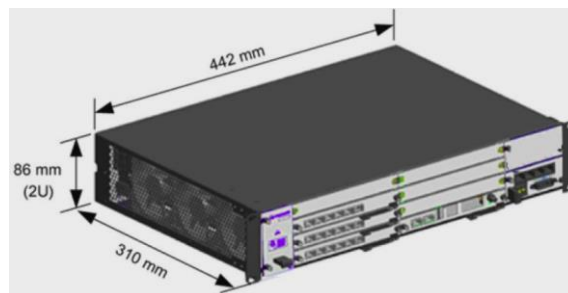


Fig. 12. Subrack EART del eSCN de Huawei [11].

La arquitectura de red Trunking multimedia de banda ancha, basada en el equipo eSCN230, se muestra en la Fig. 13. Como se observa en la figura, el eSCN forma parte del core de la red. Las funciones que realiza, propias de una red LTE, son: Gateway de servicio (Serving GW), Gateway para la red de datos pública (PDN Public Data Network GW), gestión de Movilidad (MME-Mobility Management Entity), políticas y reglas de carga (PCRF - Policy and Charging Rules Function), Servidor para suscripción (HSS-Home Subscriber Server), y Gateway Trunking. La arquitectura comprende también los equipos terminales (UE), las estaciones base (eNB), un servidor de aplicaciones (enlace a internet), y un eMDC [12].

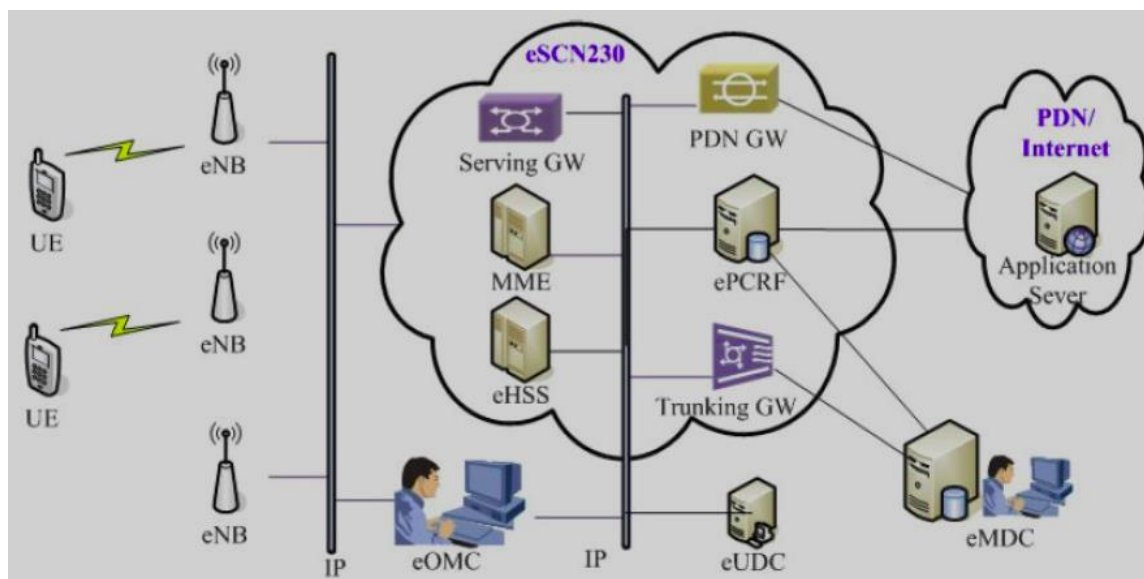


Fig. 13. Arquitectura de red Trunking de banda ancha basada en LTE [12].

La función del MME es gestionar la movilidad de los usuarios de la red, además, provee funciones de encriptación y autenticación, gestión de sesiones, y funciones de servicios para Trunking. El serving GW se encarga de gestionar la información de los nodos B, así como el procesamiento de datos, voz y video. El Gateway PDN permite la interconexión con otras redes externas, por ejemplo, redes de Internet. El Gateway Trunking posibilita la implementación de servicios Trunking de voz y video. Desde el eOMC se asegura una correcta operación y se provee mantenimiento a toda la red.

Los principales servicios y funciones que ofrece la eSCN230 son [12].:

- Servicios PTT: de esta forma permite establecer servicios PTT que inician tanto desde la consola de despacho, como desde los terminales.
- Servicios de datos: se da soporte para servicios PS (Professional Services), llamadas grupales y llamadas punto a punto. Además, existe soporte para handover entre estaciones base y roaming de datos.
- Funciones de Backup: Mediante esta función se garantiza la disponibilidad del sistema, ya que si un eSCDN230 falla se conmuta a otro de respaldo.



- Funciones de red: soporte de VLANs e IPV4.
- Gestión de usuarios y grupos, etc.

Las principales características técnicas y de funcionamiento del equipo eSCN230 se muestran en la Tabla 5. Los datos permiten comprobar que, además de las buenas prestaciones del equipo en cuanto a rendimiento, se cumplen los parámetros de disponibilidad del sistema requeridos en situaciones críticas.

eSCN230	
ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO	
MÁXIMO NÚMERO DE USUARIOS	8000
MÁXIMO NÚMERO DE GRUPOS	1500
MÁXIMO NÚMERO DE ESTACIONES BASE	100
LLAMADAS DE VOZ SIMULTÁNEAS	1024
TASA DE TRANSFERENCIA POR USUARIO	Hasta 2 Gbps
ESPECIFICACIONES DE CONSUMO DE ENERGÍA	
CONSUMO DE POTENCIA	133.5 W
ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN	
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-20 °C a 55°C
HUMEDAD RELATIVA	5% A 95%
NIVEL DE PROTECCIÓN	IP20
DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA	> 99.999%
MTBF	> 155000 horas
MTTR	< 1 hora

Tabla 5. Aspectos técnicos del equipo eSCN230 [12].

Ya que es posible utilizar, dependiendo del escenario de aplicación, tanto uno como varios equipos eSCN230, a continuación, se revisan algunas posibles configuraciones de red.

Un primer esquema de red típico, considerando un solo equipo eSCN se muestra en la Fig. 14. Como se observa, la red incluye el equipo eSCN230, un servidor de despacho, el eOMC, Gateways, las estaciones base (con el respectivo RRU), y servidores de aplicaciones. El equipo eSCN incluye funciones de HSS, MME, S-GW, P-GW, y PCFR (Tal como se indicó en el esquema de la Fig. 13). A los eRRU se conectan los usuarios desde distintos tipos de terminales, por ejemplo, radios PTT, CPEs, redes de video vigilancia, ordenadores, etc.

Un esquema de red, considerandos dos eSCN se indica en la Fig. 15. Nótese que las estaciones base se encuentran conectadas a los dos equipos eSCN. Por otro lado, los equipos eSCN se encuentran conectados al servidor de despacho.

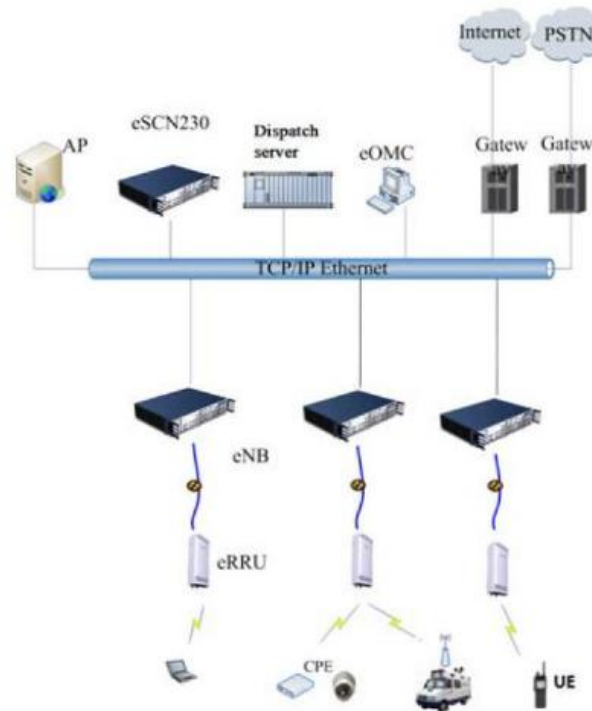


Fig. 14. Esquema de red considerando un solo eSCN230 [12].

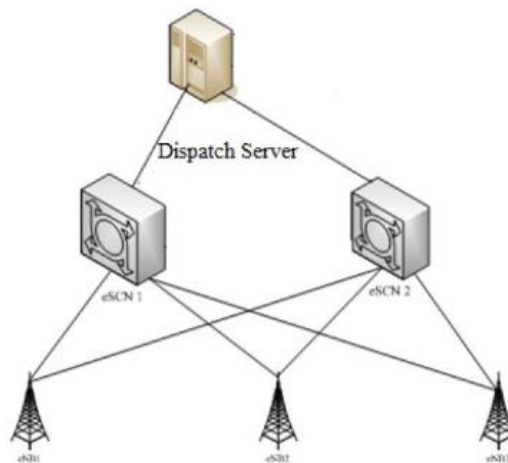


Fig. 15. Esquema de red considerando dos eSCN230 [12].

#### - eCNS210

El sistema de red Core eCNS210 (CNS – Core Network System) es una alternativa adicional de sistema EPC (Evolved Packet Core) basado en LTE para sistemas Trunking de banda ancha. La diferencia principal con el equipo eSCN230 es básicamente la capacidad, ya que el eCNS210 permite interconectar a más usuarios a mayores tasas binarias. Específicamente, las principales características de equipo son [13]:

- Ofrece un alto nivel de integración, confiabilidad e interoperabilidad.
- Soporte para distintos servicios, como voz, video y datos.
- Soporte para servicios de voz Trunking.

- Gestión de sesión, movilidad y seguridad.
- Alta calidad de servicio (QoS-Quality of Service).
- Interoperabilidad con la red pública LTE.
- Gestión de red IP.

En la Fig. 16 se muestra el esquema propuesto por Huawei para el eCNS210. Existen interfaces de conexión por un lado a las estaciones base de la red LTE (En este caso las DBS3900 descritas anteriormente). Por otro lado, existe una interfaz de alta velocidad para conexión con los servidores de aplicaciones, la red de Internet y sistemas de despacho. El equipo eCNS tiene integradas las funciones típicas de red LTE, como son: MME, SGW, PGW, HSS y PCFR. Por lo tanto, la configuración y despliegue de red es relativamente rápido.

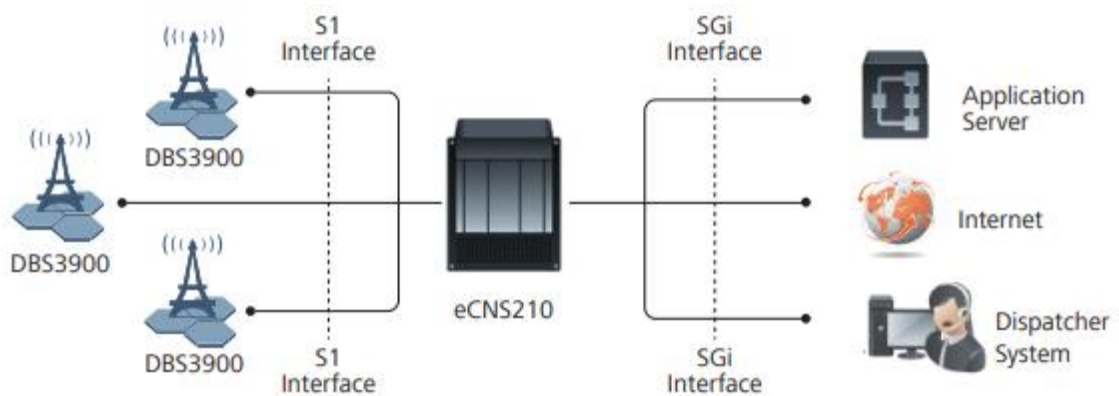


Fig. 16. Esquema de red con el equipo eCNS210 [13].

Otras especificaciones técnicas en cuanto a rendimiento y operación de este equipo se recogen en la Tabla 6. Las prestaciones de este equipo, en cuanto a número de suscriptores, conexión de estaciones base, y tasas de transferencia son muy altas. Por consiguiente, este equipo es adecuado en escenarios en donde el número de usuarios y/o grupos a gestionar sea elevado, con el fin de aprovechar adecuadamente sus prestaciones.

eCNS210	
ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO	
MÁXIMO NÚMERO DE USUARIOS	200000
MÁXIMO NÚMERO DE GRUPOS	20000
MÁXIMO NÚMERO DE ESTACIONES BASE	1500
LLAMADAS DE VOZ SIMULTÁNEAS	1024
TASA DE TRANSFERENCIA MÁXIMA	Hasta 40 Gbps
ESPECIFICACIONES DE ENERGÍA	

FUENTE DE ALIMENTACIÓN	48 VDC
ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN	
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	0 °C a 45°C
HUMEDAD RELATIVA	5% A 85%
NIVEL DE PROTECCIÓN	IP20
DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA	> 99.999%
MTBF	> 322580 horas
MTTR	< 1 hora

Tabla 6. Aspectos técnicos del equipo eSCN230 [13].

### III.3.3 Equipos terminales para los usuarios

A continuación, se realiza una revisión de las distintas opciones en equipos terminales de usuario, los mismos que constituyen los equipos finales que permiten la transmisión y recepción de servicios voz, video y datos.

#### - CPE EG860

Este equipo funciona prácticamente con un router de Gateway inalámbrico para servicios de banda ancha basados en sistemas LTE. Además, es compatible con otras tecnologías como WiFi y LAN. El uso de este equipo está orientado a aplicaciones desde monitoreo de sensores hasta sistemas de video vigilancia de alta definición. Por lo tanto, para el escenario planteado en esta tesina, este equipo es ideal para la retransmisión del video que se recibe desde el VANT. En la Fig. 17 se muestra una imagen del CPE EG860 de Huawei.



Fig. 17. CPE EG860 de Huawei [14].

Las principales características del CPE EG860 son [14]:

- Existe flexible en la configuración de los equipos para la transmisión de información en el enlace ascendente o descendente. Por ejemplo, se puede configurar una configuración 3:1,

dando prioridad al enlace ascendente, con el fin de transmitir video en alta definición en sistemas de video vigilancia.

- Ya que cuenta con un nivel de protección IP65, este equipo puede operar sin problemas en condiciones climáticas adversas, es decir, en presencia de lluvia, polvo, rayos, etc.
- Cuenta con una GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) basada en web, por lo que se facilita la administración y configuración del equipo de forma remota.
- Este equipo está basado en la tecnología LTE, versión 9. Ofrece tasas de transferencia de hasta 50 Mbps en uplink, y 100 Mbps en downlink.
- El EG860 es compatible con bandas de frecuencias para servicios móviles tanto licenciadas como no licenciadas. Las bandas soportadas son 400 MHz, 800 MHz, 1.4 GHz, 1.8 GHz y 2.3 GHz.

Las características técnicas de operación y funcionamiento del CPE EG860 se detallan en la Tabla 7 [14].

CPE EG860	
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE RADIO	
ESTÁNDARES COMPATIBLES	WAN: LTE 3GPP Release 9 LAN: IEEE 802.3/802.3u WLAN: WiFi 82.11 b/g/n
BANDAS DE OPERACIÓN LTE	LTE TDD: 400 MHz LTE TDD: 1.4 GHz LTE TDD: 1.8 GHz LTE FDD: 800 MHz
BANDAS DE OPERACIÓN WLAN	2.4 GHz: 2.401 GHz a 2.483 GHz
ANCHOS DE BANDA DE CANALIZACIÓN	400 MHz: {3, 5, 10, 20} MHz 800 MHz: {5, 10, 20} MHz 1.4 GHz: {5, 10, 20} MHz 1.8 GHz: {5, 10, 20} MHz
ESPECIFICACIONES FÍSICAS	
PESO	2 Kg
CONSUMO DE POTENCIA	< 30 Watts
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	PoE, 24 VDC
PUERTOS EXTERNOS	1 PUERTO ETHERNET RJ45 2 PUERTOS PARA ANTENAS EXTERNAS (N) 1 SLOT PARA TARJETA SIM
ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN	
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-40 °C a 60°C
HUMEDAD RELATIVA	5% a 95%
NIVEL DE PROTECCIÓN	IP65

Tabla 7. Aspectos técnicos del CPE EG860 [13].

Como se observa en las especificaciones, este equipo puede ser alimentado directamente mediante el puerto Ethernet o con baterías. También permite conectar antenas externas para mejorar la ganancia del equipo. Además, es compatible con los estándares para tecnologías LAN y WLAN.

- *Terminal EP820*

El equipo terminal EP820 para sistemas Trunking de banda ancha, integra, además de los servicios tradicionales de voz, servicios de datos y video, en un solo dispositivo. Ya que permite recibir información de video en tiempo real, por lo que este equipo puede ser utilizado en múltiples aplicaciones. Para el escenario planteado en esta tesina, se puede utilizar por el personal que se desplaza al lugar donde se presenta la emergencia, de esta manera facilita las operaciones y la colaboración entre brigadas. En la Fig. 18 se indica una imagen del EP80 de Huawei.



Fig. 18. Equipo terminal EP820 de Huawei [15].

Algunas características de este dispositivo son [15]:

- El sistema operativo del equipo está basado en Android 4.0. Las dimensiones de la pantalla son 4.5 pulgadas y puede operar con un teclado independiente.
- El tiempo de establecimiento de llamadas grupales es menor a 300 ms. Soporta servicios PTT, llamadas privadas y operación en modo directo (DMO –Direct Mode Operation).
- Admite servicios de llamadas grupales y privadas, sms, mms, video y oficina móvil.
- Es un modelo dual, es decir, puede conectarse tanto a redes GSM y UMTS. Por lo tanto, se puede realizar handover entre redes públicas y privadas.

En la Tabla se recogen las especificaciones técnicas del EP820 de Huawei [15].

TERMINAL EP820	
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE RADIO	
ESTÁNDARES COMPATIBLES	REDES PRIVADAS LTE 3GPP Release 9: TDD 400 MHz UMTS: 900/1900 MHz GSM: 850/900/1800/1900 MHz LAN: IEEE 802.3/802.3u WLAN: WiFi 82.11 b/g/n DMO: 400 MHz a 700 MHz Bluetooth 4.0 Soporte de GPS
ANCHOS DE BANDA DE CANALIZACIÓN	400 MHz: {3, 5, 10, 20} MHz
POTENCIA DE TRANSMISIÓN	380 MHz a 450 MHz: $26 \pm 2$ dBm 450 MHz a 470 MHz: $22 \pm 2$ dBm DMO: $30 \pm 2$ dBm
OTRAS ESPECIFICACIONES	
CÁMARA	POSTERIOR: 13 Mpx, FRONTAL: 5 Mpx
VIDEO	WMV (Windows Media Video) 9, WMV10, H.264 CIF (176 x 144): 25 fps D1 (720 x 480): 25 fps 720p (1,280 x 720): 25 fps 1080p (1,920 x 1,080): 25 fps
NIVEL DE PROTECCIÓN	IP65

Tabla 8. Aspectos técnicos del terminal EP820 [15].

- *Terminal EP630*

El EP630, de Huawei, es un terminal de usuario para sistemas Trunking LTE. A diferencia del equipo EP820, descrito anteriormente, no ofrece funciones para transmisión de video; únicamente soporta servicios de voz y datos. Este dispositivo permite realizar llamadas mediante modo PTT a usuarios privados o grupos, además incorpora el servicio DMO. El tiempo de establecimiento de la conexión para servicios de voz Trunking es menor a 300 ms [16]. En la Fig. 19 se muestra una imagen de este dispositivo.



Fig. 19. Equipo terminal EP630 de Huawei [16].

En la Tabla 9 se recogen las principales especificaciones técnicas de este dispositivo [16].

TERMINAL EP630	
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE RADIO	
BANDAS DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN (LTE y DMO)	EP630-D04A: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 400 MHz</li> </ul> EP630-C71: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Banda 20: 832 MHz a 862 MHz (uplink); 791 MHz a 821 MHz (downlink)</li> <li>• 1.4 GHz: 1447 MHz a 1467 MHz</li> <li>• 1.8 GHz: 1785 MHz a 1805 MHz</li> </ul> DMO: 380 MHz a 470 MHz
POTENCIA DE TRANSMISIÓN	400M: 26±2 dBm 1.4G: 25±2 dBm 1.8G: 25±2 dBm Band20: 25±2 dBm DMO: 30±2 dBm

Tabla 9. Especificaciones Técnicas del EP630 [16].

- *Terminal EV750*

A diferencia de los terminales de usuario EP820 y EP630, el Terminal EV750 es un sistema de radio vehículo que, como su nombre lo indica, está pensado para ser incorporado y usado en los vehículos de emergencia. El EV750 incorpora servicios Trunking de voz, video y datos, en un mismo dispositivo. Además, también puede funcionar como punto de acceso WiFi. En la Fig. 20 se muestra una imagen del EV750 de Huawei.

En la Tabla 10 se recogen las principales especificaciones técnicas de este dispositivo. Se observa que las bandas de frecuencias se corresponden con las bandas LTE. Además, es compatible con redes DMO.



Fig. 20. Equipo terminal EV750 de Huawei [17].



TERMINAL EV750	
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE RADIO	
BANDAS DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>TDD 1.8 MHz, 1.4 MHz, 400 MHz</li> <li>FDD 800 MHz</li> <li>DMO 400 to 470 MHz</li> </ul>
POTENCIA DE TRANSMISIÓN	1.8 GHz: 25 ±2 dBm 1.4 GHz: 25 ±2 dBm 800 MHz: 25 ±2 dBm 400 MHz: 27 ±2 dBm DMO: 30 ±2 dBm
OTRAS ESPECIFICACIONES	
CONECTIVIDAD	Wi-Fi 802.11 b/g/n Bluetooth USB Mini USB 2.0
NIVEL DE PROTECCIÓN	IP54

Tabla 10. Especificaciones Técnicas del equipo EV750 [17].

- *Terminal EM720*

Otro dispositivo interesante, que funciona como equipo terminal, y que puede ser utilizado, de ser necesario, en sistemas de emergencia, es el equipo EM720 de Huawei. Como se indica en le Fig. 21, el EM720 permite a dispositivos que funcionan con el protocolo 802.11 (WiFi) acceder a la red móvil LTE de banda ancha. Es así que soporta tasas de transferencia de hasta 100 Mbps en downlink, y 50 Mbps en uplink. Por lo tanto, el EM720 es básicamente un WiFi Hotspot, que tiene un sistema de batería de alta duración, por lo que permite cargar las baterías de otros dispositivos. En la Tabla 11 se indican las especificaciones técnicas de este dispositivo.

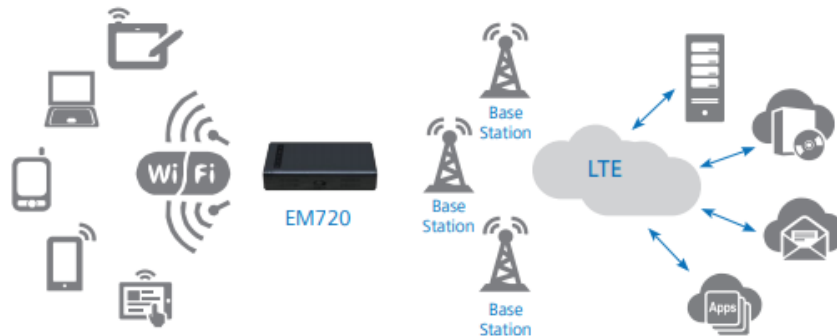


Fig. 21. Hotspot EM720 de Huawei [18].

TERMINAL EM720	
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE RADIO	
BANDAS DE FRECUENCIA DE OPERACIÓN	LTE TDD: 1.8 GHz LTE TDD: 1.4 GHz Wi-Fi: 2.4 GHz
POTENCIA DE TRANSMISIÓN	1.8 GHz: $24 \pm 2$ dBm 1.4 GHz: $24 \pm 2$ dBm
CANALIZACIÓN	1.8 GHz: 5 MHz/10 MHz/20 MHz 1.4 GHz: 5 MHz/10 MHz/20 MHz
TASA MÁXIMA WiFi	300 Mbps

Tabla 10. Especificaciones Técnicas del equipo EM720 [18].

### III.4 TOPOLOGIA DE RED PROPUESTA

Luego de revisar las especificaciones técnicas de los posibles dispositivos a utilizar en esta tesina, a continuación, se define una topología de red que se adapte a un escenario de mando y control de emergencias. Los equipos descritos anteriormente, tanto para la para el Core, centro de gestión de red, y equipos terminales, cumplen con las especificaciones para ser utilizados en redes Trunking LTE.

En la Fig. 22 se indica la topología de red propuesta para mando y control de emergencias. A continuación se describen los componentes y características de la red:

- En el puesto de mando avanzado (PMA) se encuentra como equipo principal el eSCN230, que realiza funciones de core, así como también permite la gestión y administración de red. El puesto de mando avanzado permite establecer enlaces, de ser necesario, con redes externas, por ejemplo, enlaces satelitales, PSTN, redes WiFi o WiMAX, Redes 3G, Internet, etc. Una alternativa adicional como equipo CORE para el PMA es el eCNS210, descrito en la sección anterior, es un equipo con mayores prestaciones en cuanto a número de usuarios y grupos que permite gestionar.
- Como estación base se propone utilizar la estación base desplegable eLTE Rapid, ya que, además de sus características de conectividad y compatibilidad con el equipo de CORE, es un equipo portable y de fácil instalación en situaciones de emergencia. Esta estación base puede ser adaptada fácilmente a vehículos para mayor facilidad de manejo, y de ser el caso, puede ser transportada a pie por uno de los rescatistas que atienden la emergencia. Una alternativa a la estación base eLTE Rapid, puede ser la DBS3900, sin embargo, las características de portabilidad pueden ser menores.
- Finalmente, como equipos terminales, los cuales estarán cerca de la zona de emergencia, se propone utilizar los equipos EP820, EP630, EV750. El equipo EP820 se recomienda

utilizar en caso de que sea necesario la transmisión de video en tiempo real, desde un dispositivo portátil. Por otro lado, el EV750, puede ser incorporado en vehículos.

Uno de los requerimientos de esta tesina es permitir la transmisión de video capturado por un VANT hasta el puesto de mando avanzado. Por consiguiente, el CPE EG860 permite establecer una conexión entre el VANT y el PMA a través de la estación base desplegable. Es importante tener en cuenta que el VANT para que pueda ser conectado con el CPE, debe soportar conectividad WiFi, WiMAX o LTE, de acuerdo con las especificaciones técnicas del CPE EG860, revisadas en la sección III.3.

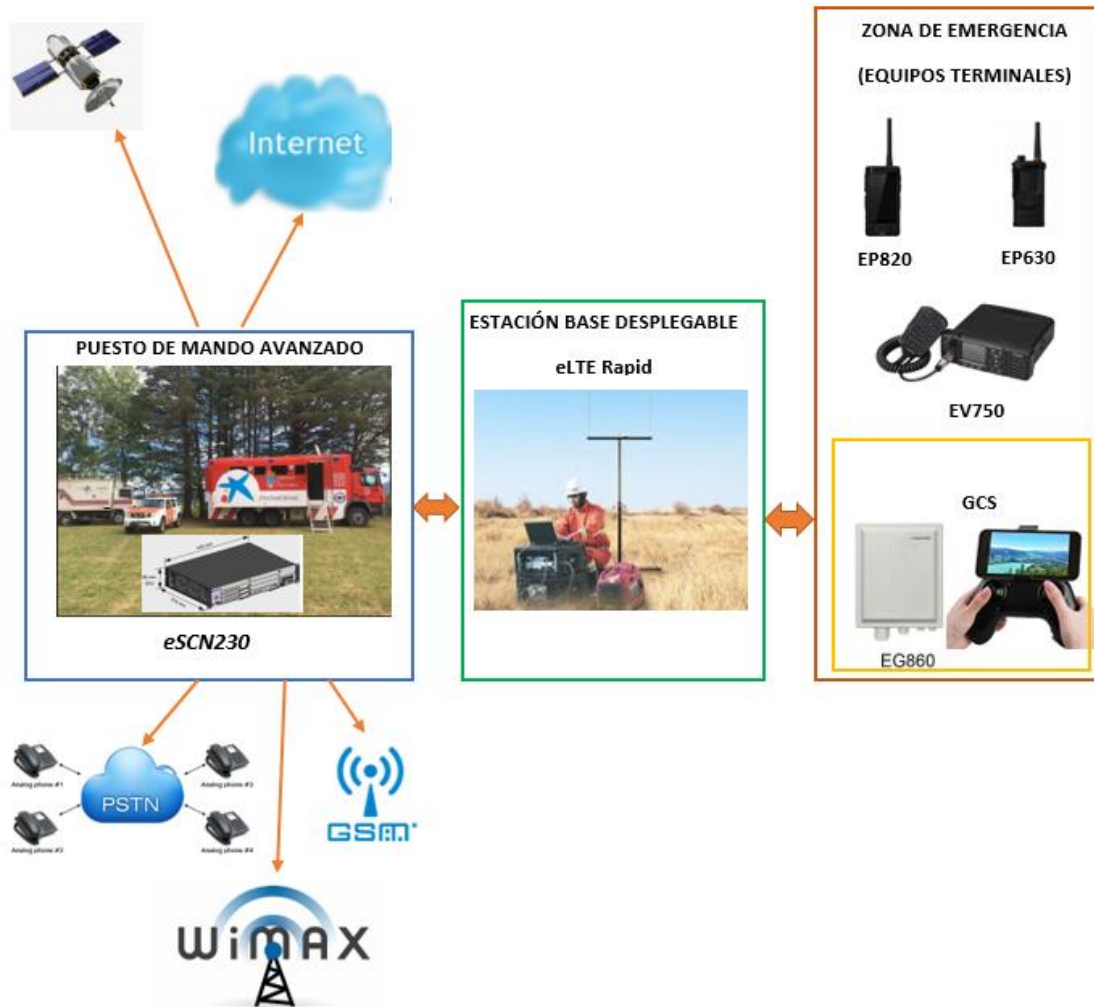


Fig. 22. Esquema de red propuesto para un sistema de mando y control de emergencias.

#### **IV. CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS**

El presente trabajo consiste en una propuesta de red Trunking para servicios de voz, datos y video, basada en la Tecnología LTE. El esquema de red propuesto está pensado para escenarios de mando y control de emergencias. Por lo tanto, la red Trunking comprende equipos del core de red, una estación base desplegable y los equipos terminales de usuario. Además, se considera la transmisión en tiempo real desde un vehículo aéreo no tripulado hasta el puesto de mando avanzado, a través de una estación base desplegable.

En el puesto de mando avanzado se propone el uso del equipo eSCN230 de Huawei. Este dispositivo funciona como equipo principal (CORE) desde donde se realiza la gestión y administración global de la red. Además, permite realizar enlaces, de ser necesario, con otras redes cableadas o inalámbricas, inclusive enlaces satelitales. Como estación base desplegable se propone el uso del equipo eLTE Rapid. Este equipo además de tener compatibilidad con el equipo de CORE, permite un rápido despliegue y configuración, lo cual es útil en situaciones de emergencia. Como equipos terminales de red se proponen distintos equipos portátiles para transmisión de voz, datos y video en tiempo real desde el lugar donde se presente la emergencia.

Como dispositivo que permite la retransmisión de video desde el VANT se propone el uso del CPE EG860, el cual posee interfaces de conexión mediante WiFi, WiMAX o LTE.

Adicionalmente se proponen equipos alternativos los cuales pueden ser utilizados dependiendo de los requerimientos. Es así que para el puesto de mando avanzado se propone como alternativa el uso del equipo eCNS210, el cual tiene la capacidad de gestionar un mayor número de usuarios y grupos. Como estaciones base desplegable se propone como alternativa el uso del equipo DBS3900, la cual es ideal en aplicaciones donde se requieren distintas estaciones base en la red Trunking.

#### **V. AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mis estudios siendo parte fundamental para que yo pueda lograr concluir con esta etapa, a mi Director el Dr. Manuel Esteve por el apoyo brindado con los consejos profesionales para el desarrollo de este trabajo de investigación, a mis amigos que han estado en el transcurso de los estudios del Master apoyandome de diferente manera.

## VI. REFERENCIAS

- [1] M. Soberón del Barrio, “Análisis de arquitecturas y tecnologías de comunicaciones de sistemas de mando y control para gestión de emergencias”, Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, España, 2013.
- [2] Monografias.com, “Redes móviles privadas”, Revisado en Mayo 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.monografias.com/trabajos102/redes-moviles-privadas/redes-moviles-privadas.shtml>
- [3] ETSI standars, “TETRA”, Revisado en Mayo 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/tetra>
- [4] blogspot.com, Sebastian Lopez, “TETRA”, Revisado en Mayo 2018. [En línea]. Disponible: <http://comunicamovil.blogspot.com/2015/11/cuantos-sistemas-de-comunicaciones-que.html>
- [5] Albentia.com, Mayo 2018. [En línea]. Disponible: [http://www.albentia.com/Docs/ALB-S006DETsp\\_A3DeteccionDeIncendiosYGestionDeEmergencias.pdf](http://www.albentia.com/Docs/ALB-S006DETsp_A3DeteccionDeIncendiosYGestionDeEmergencias.pdf)
- [6] Y. Ravelo Pérez, “Propuesta para la implementación del sistema trunking digital eLTE de Huawei”, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Cuba, 2017.
- [7] Huawei Technologies CO., LTD. LTE PTT Broadband Trunking Solution White Paper, Revisado en Julio 2018. [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/367946231/Huawei-1-PPDR-pdf>
- [8] Huawei Technologies CO., LTD. Huawei eLTE Broadband Trunking Solution, Revisado en Julio 2018. [En línea]. Disponible: <https://e.huawei.com/es/marketing-material/onLineView?MaterialID=%7BC4840500-1131-47998E8C-06FD068DB6A1%7D>
- [9] Huawei Technologies CO., LTD. Huawei eLTE Trunking Products- DBS3900 Datasheet, Revisado en Julio 2018. [En línea]. Disponible: <https://e.huawei.com/es/marketing-material/onLineView?MaterialID={77CC5157-A62B-49DA-B851-C94E88FC522E}>
- [10] Huawei Technologies CO., LTD. Huawei eLTE Trunking Products- eLTE Rapid Datasheet, Revisado en Julio 2018. [En línea]. Disponible: <https://e.huawei.com/es/marketing-material/onLineView?MaterialID={597019C3-976A-4D3E-92CE-6B7B8CD7FC58}>
- [11] Huawei Technologies CO., LTD. eLTE Broadband Trunking. [En línea]. Disponible: <https://developer.huawei.com/ict/en/site-elte/article/elte-overview>
- [12] Huawei Technologies CO., LTD. Huawei eLTE Trunking Products- eSCN230, Revisado en Julio 2018. [En línea]. Disponible: <http://e.huawei.com/en/material/onLineView?MaterialID=c38d2dc9ff0d42fa979dca43fea5c608>
- [13] Huawei Technologies CO., LTD. Huawei eLTE Trunking Products- eCNS210, Revisado en Julio 2018. [En línea]. Disponible: <https://e.huawei.com/es/products/wireless/elte-trunking/network-element/ecns210>
- [14] Huawei Technologies CO., LTD. Huawei Broadband Trunking Product EG860, Revisado en Agosto 2018. [En línea]. Disponible:

- <https://e.huawei.com/es/marketing-material/onLineView?MaterialID={21308BB8-A6FB-4C58-BA6D-05A047C45BB7}>
- [15] Huawei Technologies CO., LTD. Huawei eLTE Trunking Products- EP820 Datasheet, Revisado en Agosto 2018. [En línea]. Disponible:  
<https://e.huawei.com/es/products/wireless/elte-trunking/trunking-terminal/ep820>
- [16] Huawei Technologies CO., LTD. EP630 User Guide, Revisado en Agosto 2018. [En línea]. Disponible:  
<http://support.huawei.com/enterprise/es/doc/EDOC1000109023?idPath=9884302%7C21435772%7C21435851%7C21820554%7C21645094>
- [17] Huawei Technologies CO., LTD. Sistema de radio de vehículo EV750, Revisado en Agosto 2018. [En línea]. Disponible:  
<https://e.huawei.com/es/products/wireless/elte-trunking/trunking-terminal/ev750>
- [18] Huawei Technologies CO., LTD. Huawei eLTE Trunking Products- EM720 Datasheet, Revisado en Agosto 2018. [En línea]. Disponible:  
<http://e.huawei.com/en/marketing-material/onlineview?materialid=%7B0e97af02-a464-423f-b347-4c821c52b619%7D>